



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – TRANSPORTE

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA
LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS DE EMERGENCIA EN EL TRAMO CARRETERO
MÉXICO-PUEBLA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. JAVIER LÓPEZ DON

TUTOR PRINCIPAL:
DR. RICARDO ACEVES GARCÍA, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. SEPTIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. José Jesús Acosta Flores
Secretario: Dr. Javier Suarez Rocha
Vocal: Dr. Ricardo Aceves García
1^{er.} Suplente: M. I. Arturo Fuentes Zenón
2^{d o.} Suplente: M. I. José Antonio Rivera Colmenero

México, Distrito Federal

TUTOR DE TESIS:

Dr. Ricardo Aceves García

FIRMA

AGRADECIMIENTOS.

A Paulina, sin su apoyo no podría haber llegado al final de esta etapa, su apoyo, fortaleza y amor me han impulsado a ser mejor persona día a día.

A mis padres, que siempre han estado para mí, por sus palabras de aliento en los momentos inciertos.

A mis hermanos, José que nunca dejó de apoyarme y creer en mí, Angélica, por ser todos los días un ejemplo de la unión en la familia, a Jaime, con quien compartí buenos momentos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, sus valores y enseñanzas que marcan para siempre nuestras vidas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo, ya que sin él no hubiera sido posible la realización de esta investigación.

Al Dr. Ricardo Aceves García, que más que un tutor me brindó su apoyo como un gran amigo, sus conocimientos y consejos fueron muy importantes en la realización de esta tesis.

A mis profesores del posgrado, quienes siempre mostraron su vocación por la enseñanza.

A mis compañeros de maestría en especial a Omar y Sebastián, quienes son de ahora en adelante mis amigos para toda la vida.

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA
LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS DE
EMERGENCIA EN LA TRAMO CARRETERO
MÉXICO-PUEBLA

CONTENIDO

Índice de tablas y figuras.....	v
Tablas	v
Figuras	vii
Resumen.....	1
Introducción	2
Planteamiento del problema	2
Objetivo	3
Importancia de la carretera México-Puebla.....	4
Infraestructura de carreteras en México	4
Conexión México-Puebla.....	22
Aforos	24
Los accidentes carreteros	28
Accidentes carreteros en el mundo	28
Accidentes carreteros en México	30
Accidentes carreteros en el tramo México-Puebla.....	34
Propuestas mundiales y nacionales para reducir el número de accidentes carreteros	36
Importancia del tiempo de respuesta en la ubicación de servicios.....	39
Hora de oro	39
Principales factores de riesgo en la atención a las lesiones posteriores al accidente.....	40
Ubicación actual de los Servicios Médicos de Emergencia	43
Sistemas de información geográfica	44
Definición.....	44
Componentes.....	45
Usos de los SIG en la prevención de accidentes y ubicación de unidades de emergencia	46
Recursos necesarios para el análisis de accidentes.....	47
Algoritmos utilizados en sistemas de información geográfica para el análisis de red	50
Caso de estudio	56

Generalidades	56
Ubicación de zonas con mayor accidentalidad	58
Propuesta para reducir el tiempo que tardan en llegar los servicios de emergencia	67
Conclusiones y recomendaciones.....	73
Anexos.	74
Bibliografía	76

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1 Entidades federales divididas por mesorregiones. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT	6
Tabla 2 Variables geográficas y demográficas por mesorregiones. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT.....	8
Tabla 3 Longitudes de las redes carreteras por mesorregiones. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT	8
Tabla 4 Distribución porcentual de la infraestructura de transporte por entidad federativa según modo de transporte. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT.....	10
Tabla 5 Indicadores de densidad de las longitudes de redes carreteras por entidad federativa. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT.....	12
Tabla 6 Indicadores de densidad de la flota vehicular del autotransporte federal por entidad federativa según tipo de carga. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT	14
Tabla 7 Rango ocupado por las entidades federativas de acuerdo a los niveles de densidad de la infraestructura del subsector transporte. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT	17
Tabla 8 Flota vehicular por entidad federativa según servicio de pasaje, turismo y carga. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario 2012 de la SCT	18
Tabla 9 Tránsito de vehículos en las autopistas a cargo de Caminos y Puentes Federales de ingresos y servicios conexos, porcentaje de participación por tipo de red y camino. Fuente: anuario 2012 de la SCT.....	20
Tabla 10 autopistas de cuota con mayor aforo vehicular según el tipo de vehículo 2012 (Tránsito diario promedio anual). Fuente: anuario 2012 de la SCT.....	21
Tabla 11 TDPA. Fuente: Elaboración propia con datos de la SCT	24
Tabla 12 Clasificación por tipo de vehículos. Fuente: Elaboración propia con datos de la SCT.....	24
Tabla 13 Caseta Chalco Fuente: elaboración propia con datos de SCT.....	25
Tabla 14 Caseta San Marcos Fuente: elaboración propia con datos de SCT	26
Tabla 15 Caseta San Martín Fuente: elaboración propia con datos de SCT	26
Tabla 16 Principales indicadores de transporte terrestre de carga y pasajeros. Indicadores internacionales. Fuente: elaboración propia con los datos de las Principales estadísticas del sector comunicaciones y transportes 2013 de la SCT ..	29
Tabla 17 Principales indicadores de accidentes en carreteras por país seleccionado. Indicadores internacionales. Fuente: Principales estadísticas del sector comunicaciones y transportes 2013 de la SCT	30

Tabla 18 Saldos de accidentes en carretera por entidad federativa,2009. Fuente: Elaboración propia con datos del anuario estadístico de accidentes en carreteras federales, 2009 de la SCT.....	33
Tabla 19 Tramos carreteros más peligrosos. Fuente: Elaboración propia con datos de la SCT.....	35
Tabla 20 Calificación OMS. Fuente: Elaboración propia con datos de la OMS	36
Tabla 21 Matriz de Haddon. Fuente:Programa Nacional de Salud 2007-2012, 2007	38
Tabla 22 Retornos Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 23 Servicios médicos de emergencia Fuente: elaboración propia con datos de CAPUFE	58
Tabla 24 Ubicaciones propuestas.....	67
Tabla 25 Ubicaciones ideales de los servicios propuestos.....	69

FIGURAS

Figura 1 Corredores troncales de la red carretera. Fuente: Anuario2009 SCT	5
Figura 2 Mapa de mesorregiones. Fuente: Anuario 2012 de la SCT.....	7
Figura 3 Longitud de la red carretera por mesorregión (Kilómetros). Fuente: Anuario 2012 de la SCT	9
Figura 4 Densidad de la longitud de la carretera por entidad federativa (p/c 100 km ²). Fuente: Anuario 2012 de la SCT	13
Figura 5 Densidad de los vehículos de pasajeros por entidad federativa (Vehículos por localidad mayor a 2,500 hab.) Fuente: Anuario 2012 de la SCT	15
Figura 6 Densidad de los vehículos de carga por entidad federativa (Vehículos por localidad mayor a 2,500 hab.) Fuente: Anuario 2012 de la SCT.....	15
Figura 7 Principales corredores carreteros del centro del país. Fuente: Atlas carretero de la SCT.....	23
Figura 8 Costo de las lesiones y muertes ocasionadas por accidentes de tráfico en México. Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRA	31
Figura 9 Accidentes carreteros del año 2010 Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRA (Cenapra, 2012).....	31
Figura 10 Accidentes en zona urbana del año 2010 Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRA.....	32
Figura 11 Costo de los accidentes por kilómetro Fuente: Elaboración propia con base en datos de la SCT	34
Figura 12 Asistencia en los accidentes de tráfico. Fuente: Elaboración propia	40
Figura 13 Localización de los servicios médicos de emergencia en la autopista México- Puebla. Fuente: CAPUFE	43
Figura 14 Datos vectoriales Fuente: Elaboración propia	47
Figura 15 Datos tabulares Fuente: Elaboración propia.....	48
Figura 16 Imágen raster. Fuente: Universidad de Indiana, Departamento de geografía	49
Figura 17 Simple plant location problema	52
Figura 18 Problema de localización de planta con capacidad	53
Figura 19 Problema de localización de cobertura máxima.....	54
Figura 20 Problema de la p-central	55
Figura 21 Accidentes ocurridos con dirección México-Puebla. Fuente: Elaboración propia realizada con ArcMap	59
Figura 22 Accidentes ocurridos con dirección Puebla-México. Fuente: Elaboración propia realizada con ArcMap	61
Figura 23 Ubicación actual de los servicios de emergencia. Fuente: Elaboración propia realizada con ArcMap	62
Figura 24 Ubicación de casetas. Fuente: Elaboración propia realizada con ArcMap	63

Figura 25 Área de influencia de los servicios médicos de emergencia a 20km. Fuente: Elaboración propia realizada con ArcMap.....	65
Figura 26 Área de influencia de los servicios médicos de emergencia a 60km. Fuente: Elaboración propia realizada con ArcMap.....	66
Figura 27 Modelo de Ubicación-Asignación	68
Figura 28 Comparativa de área de influencia con un nuevo SME.....	70
Figura 29 Área de influencia con dos nuevas instalaciones	72

RESUMEN

La siguiente investigación muestra la importancia de los sistemas de información geográfica en la localización de los servicios de emergencia en tramos carreteros. Este trabajo de investigación tiene como objetivo el uso de los sistemas de información geográficos en la ubicación de las zonas de mayor accidentalidad en el tramo carretero México-Puebla y realizar una propuesta para reducir el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia.

Para la realización de este trabajo se efectuó una búsqueda para conocer el estado actual de los servicios de emergencia en el mundo, en México y particularmente en el tramo de la carretera México-Puebla, así mismo, se buscó información relacionada con los procesos de atención de llamadas y riesgos asociados a la atención tardía de los accidentes de tránsito.

Se trabajó con bases de datos proporcionados por Caminos y Puentes Federales (CAPUFE) el cual es un organismo Público Federal y por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), los datos fueron georeferenciados para usarse con el software ArcMap versión 10.

Se lograron ubicar los lugares geográficos en los que al colocar un servicio de emergencia se lograría disminuir el tiempo de respuesta ante accidentes automovilísticos en el tramo analizado.

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte en México y en el mundo, por esta razón se consideran un problema de salud pública. Al año mueren más de un millón de personas, sin embargo, son los países clasificados como de ingreso medio o bajo donde ocurren el mayor número de decesos, aconteciendo un 90% de las muertes aun cuando sólo se cuenta con un número menor de vehículos (Organización Mundial de la Salud, 2009). Así mismo, los reportes muestran que se incrementarán el número de accidentes en un 50%, ubicándose en la quinta causa de muerte a nivel mundial para el año 2030.

Sin embargo, el número de muertes no es el único indicador que se debe observar, existe un número considerable de lesionados y discapacitados a consecuencia de los accidentes, teniendo un costo económico de entre el 1% y el 3% del producto interno bruto (PIB).

La ubicación adecuada de los servicios de emergencia han dado algunos resultados positivos para disminuir el número de decesos y la gravedad de las lesiones sufridas a consecuencia de los accidentes de tránsito (Blackwell & Kaufman, 2002)(Villavicencio, 2008) no obstante, encontrar una ubicación adecuada es un tema complejo que puede tener distintos elementos para su estudio(Luis Chias Becerril, 1999). En los últimos años algunos investigadores han integrado los sistemas de información geográfica (SIG) para el análisis espacial en la localización de lugares óptimos para instalar servicios de emergencia (Toran Pour & Yue, 2012)(Anderson, 2007) mostrando ventajas del análisis en la ubicación de lugares con mayor accidentalidad y propuestas para reducir el tiempo necesario para el arribo de los servicios de emergencia.

Se eligió utilizar como caso de estudio el tramo carretero México-Puebla, debido a que de acuerdo a reportes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) pertenece a la carreta que ocupa el primer lugar en peligrosidad (Carretera 150D), en términos del criterio del costo económico de los accidentes; para poder analizarla a detalle se definió utilizar el tramo propuesto debido a que se presenta como el tercer tramo más peligroso utilizando también el mismo criterio.

La presente investigación propone una aplicación de los sistemas de información geográfica para la ubicación de los servicios de emergencia y el análisis de la efectividad de la ubicación actual de los mismos en términos de tiempo de respuesta, para después de analizar la cobertura actual y proponer con base en

estas ubicaciones óptimas en los puntos que sean necesarios a lo largo del tramo carretero México-Puebla.

OBJETIVO

El objetivo principal es ubicar los puntos recomendables de los servicios de emergencia en el tramo carretero México-Puebla usando los sistemas de información geográficos para realizar una propuesta que reduzca el tiempo que tardan en llegar los servicios de emergencia al lugar del siniestro.

Para lograr el objetivo principal, se requiere de cumplir con los siguientes objetivos particulares: determinar la importancia del tramo carretero México-Puebla por el aforo vehicular; comparar el tramo carretero México-Puebla con otros tramos carreteros nacionales e internacionales por el aforo vehicular y el número de siniestros ocurridos en ellos; y por último, comparar tiempos actuales de respuesta de los servicios de emergencia en el tramo carretero México-Puebla contra los tiempos posibles de la propuesta de servicios extras en la carretera.

En el primer capítulo se analiza la problemática de los accidentes a nivel mundial, nacional y específicamente en el tramo carretero de estudio, se muestran cifras de accidentalidad, así como los planes y propuestas que se han venido realizando tratando de reducir el tiempo que tardan en llegar los servicios de emergencia, se muestran los estándares internacionales en materia de tiempo de respuesta y se detallan los principales riesgos que corren las personas después de sufrir un accidente de tránsito.

En el segundo capítulo se da una breve introducción a los sistemas de información geográfica, los componentes necesarios para su uso, y los modelos matemáticos que pueden ser utilizados a través de ellos para el análisis de redes, también se muestran algunas investigaciones en las que estos sistemas han colaborado en la realización de propuestas para la ubicación y análisis de los servicios de emergencia.

En el capítulo tres se presenta el análisis del tramo carretero, así como los modelos matemáticos utilizados para esta investigación, también se desarrolla la propuesta de mejora.

Por último, en los anexos se presenta información tabular de la base de datos proporcionada por Caminos y Puentes Federales (CAPUFE) misma que sirvió de entrada para la realización de ésta investigación, se presentan mapas elaborados por CAPUFE que sirvieron en la realización de este trabajo.

IMPORTANCIA DE LA CARRETERA MÉXICO-PUEBLA

INFRAESTRUCTURA DE CARRETERAS EN MÉXICO

La red carretera de los Estados Unidos Mexicanos cuenta con 14 corredores troncales, es decir, las vías generales de comunicación entre los principales puntos generadores o receptores de carga o pasajeros, según la definición que brinda CAPUFE. En la figura 1, se observa la ubicación de los 14 corredores en la república.

En la nota informativa de noviembre del 2007 de la Cámara de Diputados, establece como unidad base del Sistema de Planeación para el Desarrollo Regional a las mesorregiones. Cada mesorregión se compone de varias entidades federativas, busca dividir al país en cinco grandes bloques para facilitar la planeación y la colaboración en materia de desarrollo regional, entre los estados y la Federación.

Para un mejor análisis de las vías de comunicación la Secretaría de Comunicaciones y Transportes utiliza el concepto de mesorregiones. En la tabla 1 se enlistan los estados o entidades federativas que forman cada una de las mesorregiones y en la figura 2 se observa la indicación de cada una de las zonas en el mapa del país. Esta división permite para este trabajo un análisis por regiones para el mejor manejo de los datos.

Mesorregión	Estados
Sur-Sureste	Campeche Chiapas Guerrero Oaxaca Puebla Quintana Roo Tabasco Veracruz Yucatán
Centro-Occidente	Aguascalientes Colima Guanajuato Jalisco Michoacán Nayarit Querétaro San Luis Potosí Zacatecas
Centro-País	Distrito Federal Hidalgo México Morelos Tlaxcala
Noreste	Coahuila Chihuahua Durango Nuevo León Tamaulipas
Noroeste	Baja California Baja California Sur Sinaloa Sonora

TABLA 1 ENTIDADES FEDERALES DIVIDIDAS POR MESORREGIONES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT



FIGURA 2 MAPA DE MESORREGIONES. FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT

En la tabla 2 se enlistan algunas variables geográficas y demográficas de cada una de las cinco mesorregiones. Se observa que la región Sur-Sureste tiene una mayor concentración de población, pero cabe destacar que la región Centro-País a pesar de ser la que cuenta con la menor cantidad de superficie territorial es la segunda región en concentración poblacional y es la que tiene un mayor número de localidades con más de 100,000 habitantes. Estos datos reflejan las necesidades en cuanto a vías de comunicación en la región centro del país y la importancia que tiene esta región con el resto de las entidades federativas.

En la figura 1 se observa una cantidad de corredores troncales teniendo un punto de contacto con los estados del centro del país. La figura 1 junto con los datos de la tabla 2 permiten concluir que existe una concentración de población, servicios, comercio, etcétera en la zona central.

Mesorregiones	Superficie territorial (km ²)	Población	Localidades Rurales	Localidades Urbanas	Localidades mayores a 100,000 habitantes
Estados Unidos Mexicanos	1,959,248	112,336,538	188,594	3,651	131
Sur-Sureste	502,149	31,752,532	73,450	1,387	25
Centro-Occidente	356,264	26,012,744	48,633	877	25
Centro-País	52,621	29,639,123	11,993	910	41
Noreste	663,797	15,709,802	34,240	245	27
Noroeste	384,417	9,222,337	20,278	232	13

TABLA 2 VARIABLES GEOGRÁFICAS Y DEMOGRÁFICAS POR MESORREGIONES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT

La red carretera de los Estados Unidos Mexicanos en el 2012 contaba con 377,660 kilómetros. Este dato y la distribución de la red se observa en la tabla 3. La región Sur-Sureste es la que cuenta con una mayor cantidad de kilómetros de red carretera, se puede entender a que la región Sur-Sureste es la segunda en extensión en el territorio nacional y la que tiene la mayor población, pudiéndose observar en la figura 3.

Mesorregiones	Red carretera (km)
Estados Unidos Mexicanos	377,660
Sur-Sureste	131,935
Centro-Occidente	96,825
Centro-País	30,679
Noreste	58,636
Noroeste	59,585

TABLA 3 LONGITUDES DE LAS REDES CARRETERAS POR MESORREGIONES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT



FIGURA 3 LONGITUD DE LA RED CARRETERA POR MESORREGIÓN (KILÓMETROS). FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT

Considerando los 377,660 kilómetros con los que contaba la red carretera de los Estados Unidos Mexicanos en el 2012 la tabla 4 muestra la distribución porcentual de la infraestructura de transporte por entidad federativa según modo de transporte, ya sea de pasajeros, personas transportadas por tierra por empresas de autotransporte, o de carga, lo que se refiere a los bienes, productos y mercancías también transportadas por tierra por empresas de autotransporte.

Las regiones Centro-Occidente, Noreste y Centro-País sobresalen en la flota vehicular de transporte de carga, esto debido a que las zonas industriales y comerciales que se ubican en ellas. Por el contrario de las zonas Sur-Sureste y Noroeste la flota vehicular de transporte de carga es menor.

De nuevo la zona Centro-País sobresale con el porcentaje más alto de flota vehicular de transporte de carga y de pasajeros, siendo el Distrito Federal la entidad con el mayor porcentaje a pesar de que cuenta con el porcentaje más pequeño de longitud de red carretera. Esto indica lo importante que son sus carreteras para el movimiento de la gran cantidad de afluencia vehicular que tiene la entidad.

Mesorregión Estados	Longitud de red carretera	Flota vehicular del autotransporte federal	
Estados Unidos Mexicanos	100.0	100.0	100.0
Sur-Sureste	35	19.5	12
Campeche	1.5	0.4	0.2
Chiapas	6.1	2.1	0.7
Guerrero	4.9	0.8	0.4
Oaxaca	6.0	1.7	0.5
Puebla	2.7	3.2	3.5
Quintana Roo	1.4	5.0	0.2
Tabasco	2.3	1.0	0.7
Veracruz	6.9	4.0	4.9
Yucatán	3.2	1.3	0.9
Centro-Occidente	25.8	24.6	22.9
Aguascalientes	0.6	1.3	1.3
Colima	0.6	0.3	0.7
Guanajuato	3.4	6.1	5.0
Jalisco	7.4	7.2	6.9
Michoacán	4.1	2.9	2.7
Nayarit	2.5	0.6	0.2
Querétaro	0.9	3.9	2.9
San Luis Potosí	3.1	1.9	2.7
Zacatecas	3.2	0.4	0.5
Centro-País	8.1	41.7	28.6
Distrito Federal	NS	32.3	18.6
Hidalgo	3.1	2.3	2.8
México	3.5	4.2	5.5
Morelos	0.8	1.3	0.9
Tlaxcala	0.7	1.6	0.8
Noreste	15.4	8.5	28.3
Coahuila	2.2	1.7	3.6
Chihuahua	3.5	0.8	2.8
Durango	4.1	0.7	1.8
Nuevo León	1.9	3.8	14.1
Tamaulipas	3.7	1.5	6.0
Noroeste	15.8	5.6	8.4
Baja California	3.1	1.6	3.1
Baja California Sur	1.5	1.2	0.3
Sinaloa	4.5	1.7	2.5
Sonora	6.7	1.1	2.5

TABLA 4 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE POR ENTIDAD FEDERATIVA SEGÚN MODO DE TRANSPORTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT

Tlaxcala, México, Morelos e Hidalgo son los estados de la República Mexicana con la mayor densidad de las longitudes de redes carreteras. Se puede observar en la tabla 5 la relación de la longitud de red carretera por entidad federativa por cada 100 kilómetros cuadrados. Los grandes estados como Coahuila y Chihuahua la menor densidad de red carretera. La región Centro-País tiene una mayor densidad de las longitudes de redes carreteras, como se puede apreciar en la figura 4, los estados con el color más oscuro.

La densidad de las longitudes de redes carreteras a nivel nacional es de 19.3, dejando a 12 entidades bajo este promedio, estados con una amplia extensión territorial a excepción del Distrito Federal. El caso que se presenta en esta entidad es debido a la longitud mínima de red carretera, ubicándolo en el lugar 28.

Mesorregión	Longitud de red carretera (P/c 100 Km ²)	Jerarquización
Estados		
Estados Unidos Mexicanos	19.3	
Sur-Sureste		
Campeche	9.7	29
Chiapas	31.2	12
Guerrero	28.7	15
Oaxaca	24.2	19
Puebla	29.7	13
Quintana Roo	13.9	24
Tabasco	35.2	10
Veracruz	36.0	8
Yucatán	27.8	16
Centro-Occidente		
Aguascalientes	44.1	5
Colima	40.4	7
Guanajuato	41.2	6
Jalisco	35.3	9
Michoacán	26.4	18
Nayarit	34.3	11
Querétaro	27.2	17
San Luis Potosí	18.2	20
Zacatecas	16.2	23
Centro-País		
Distrito Federal	9.8	28
Hidalgo	56.0	4
México	62.2	2
Morelos	57.7	3
Tlaxcala	68.3	1
Noreste		
Coahuila	5.6	31
Chihuahua	5.4	32
Durango	12.7	26
Nuevo León	11.3	27
Tamaulipas	17.6	21
Noroeste		
Baja California	16.4	22
Baja California Sur	7.7	30
Sinaloa	29.0	14
Sonora	13.9	24

TABLA 5 INDICADORES DE DENSIDAD DE LAS LONGITUDES DE REDES CARRETERAS POR ENTIDAD FEDERATIVA.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT



FIGURA 4 DENSIDAD DE LA LONGITUD DE LA CARRETERA POR ENTIDAD FEDERATIVA (P/C 100 KM²).
FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT

Considerando la flota vehicular de cada entidad y el número de localidades con una población mayor a 2,500 habitantes se obtiene los indicadores de densidad de la flota vehicular del autotransporte federal por entidad federativa según tipo de carga y de pasajeros. Al analizar estos datos se observa, claramente, que la densidad del Distrito Federal, tanto en el caso de carga y pasajeros, tiene la mayor densidad.

Después de Quintana Roo sigue el Distrito Federal en el caso de los vehículos para pasajero, se puede apreciar en la figura 5 que son las dos entidades con el color más oscuro. La mayor densidad de los vehículos de carga corresponde al Distrito Federal y los estados del noreste de la República Mexicana: Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, identificables de un color más oscuro en la figura 6.

Mesorregión	Vehículos de pasajeros (P/c loc.)	Vehículos de carga (P/c loc.)
Estados		
Estados Unidos Mexicanos	25.2	196.0
Sur-Sureste		
Campeche	10.6	39.7
Chiapas	11.1	27.7
Guerrero	5.7	20.7
Oaxaca	8.7	20.3
Puebla	9.7	82.8
Quintana Roo	184.0	57.5
Tabasco	7.0	41.0
Veracruz	11.6	110.7
Yucatán	11.6	66.1
Centro-Occidente		
Aguascalientes	42.3	310.9
Colima	16.3	273.3
Guanajuato	38.7	249.2
Jalisco	30.7	227.1
Michoacán	12.8	92.3
Nayarit	11.9	36.3
Querétaro	44.7	257.3
San Luis Potosí	27.2	308.7
Zacatecas	5.4	53.5
Centro-País		
Distrito Federal	902.9	4032.8
Hidalgo	15.1	142.0
México	7.3	74.1
Morelos	12.8	68.2
Tlaxcala	13.7	49.8
Noreste		
Coahuila	37.4	602.1
Chihuahua	15.9	415.0
Durango	14.1	287.9
Nuevo León	55.3	1574.3
Tamaulipas	31.6	948.5
Noroeste		
Baja California	24.3	358.5
Baja California Sur	63.4	99.7
Sinaloa	17.8	200.0
Sonora	15.4	277.1

TABLA 6 INDICADORES DE DENSIDAD DE LA FLOTA VEHICULAR DEL AUTOTRANSPORTE FEDERAL POR ENTIDAD FEDERATIVA SEGÚN TIPO DE CARGA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT



FIGURA 5 DENSIDAD DE LOS VEHÍCULOS DE PASAJEROS POR ENTIDAD FEDERATIVA (VEHÍCULOS POR LOCALIDAD MAYOR A 2,500 HAB.) FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT



FIGURA 6 DENSIDAD DE LOS VEHÍCULOS DE CARGA POR ENTIDAD FEDERATIVA (VEHÍCULOS POR LOCALIDAD MAYOR A 2,500 HAB.) FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT

Con los datos estudiados en la tabla 5 y en la tabla 6 se determina el rango ocupado por las entidades federativas de acuerdo a los niveles de densidad de la infraestructura del subsector transporte en la tabla 7. Como ya se ha mencionado, cabe destacar la participación que tiene la región Centro-País al tener las entidades que ocupan el primer lugar en longitud carretera por cada 100 kilómetro cuadrados, Tlaxcala, y la mayor flota vehicular del autotransporte de carga y pasajeros, ambos casos pertenecen al Distrito Federal.

En las regiones Centro-Occidente y Noreste son de atención los rangos que tienen. La primera en cuanto a longitud carretera por cada 100 kilómetro cuadrados, siendo la segunda región en importancia en este punto. La región Noreste tiene una participación muy importante, o la más importante en lo que se refiere a la flota vehicular del autotransporte de carga.

La tabla 8 se puede reconocer la flota vehicular por entidad federativa según servicio de pasaje, turismo y carga. La región Centro-País ocupa el primer lugar en el servicio de pasaje, turismo y carga general, y el segundo puesto en el servicio de carga especializada, detrás de la región Noreste. La región Noreste tiene una muy importante participación en el servicio de carga; en la carga general ocupa el segundo lugar y ya se ha mencionado que en la carga especializada tiene el primer puesto.

Mesorregión Estados	Longitud carretera (P/c 100km ²)	Flota vehicular del autotransporte	
		Vehículos de pasajeros (P/c 100 loc. urb.)	Vehículos de carga (P/c 100 loc. urb.)
Sur-Sureste			
Campeche	29	26	28
Chiapas	12	25	30
Guerrero	16	31	31
Oaxaca	19	28	32
Puebla	13	27	20
Quintana Roo	25	2	24
Tabasco	9	30	27
Veracruz	8	22	17
Yucatán	15	23	23
Centro-Occidente			
Aguascalientes	5	6	8
Colima	7	14	11
Guanajuato	6	7	13
Jalisco	10	10	14
Michoacán	17	20	19
Nayarit	11	21	29
Querétaro	18	3	12
San Luis Potosí	20	11	7
Zacatecas	23	32	25
Centro-País			
Distrito Federal	28	1	1
Hidalgo	4	18	16
México	2	29	21
Morelos	3	24	22
Tlaxcala	1	19	26
Noreste			
Coahuila	31	8	4
Chihuahua	32	15	5
Durango	26	16	9
Nuevo León	27	5	2
Tamaulipas	21	9	3
Noroeste			
Baja California	22	12	6
Baja California Sur	30	4	18
Sinaloa	14	13	15
Sonora	24	17	10

TABLA 7 RANGO OCUPADO POR LAS ENTIDADES FEDERATIVAS DE ACUERDO A LOS NIVELES DE DENSIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SUBSECTOR TRANSPORTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT

Mesorregión Estados	Pasaje	Turismo	Carga general	Carga especializada
Estados Unidos Mexicanos	50,312	41,813	616,079	99,604
Sur-Sureste	8,573	9,232	70,594	15,097
Campeche	208	120	916	316
Chiapas	1,182	748	3,939	877
Guerrero	313	451	2,150	641
Oaxaca	941	584	2,630	914
Puebla	1,941	982	23,021	1,980
Quintana Roo	406	4,193	1,116	322
Tabasco	679	213	3,017	2,228
Veracruz	2,389	1,270	28,087	6,790
Yucatán	514	671	5,718	1,029
Centro-Occidente	11,797	10,864	146,543	17,363
Aguascalientes	233	994	7,501	1,514
Colima	111	198	4,905	287
Guanajuato	3,002	2,572	30,402	5,485
Jalisco	2,998	3,634	44,904	4,127
Michoacán	1,286	1,394	17,991	1,397
Nayarit	269	314	1,520	257
Querétaro	2,988	591	17,648	2,939
San Luis Potosí	770	946	18,493	954
Zacatecas	140	221	3,179	403
Centro-País	22,869	15,627	177,274	27,247
Distrito Federal	17,469	12,328	113,944	19,140
Hidalgo	984	1,164	17,963	2,197
México	2,675	1,193	34,901	4,605
Morelos	635	559	5,421	924
Tlaxcala	1,106	383	5,045	381
Noreste	4,202	3,771	167,167	35,168
Coahuila	940	669	22,112	3,780
Chihuahua	361	418	18,438	1,897
Durango	256	366	11,341	1,328
Nuevo León	1,730	1,812	81,191	19,564
Tamaulipas	915	506	34,085	8,599
Noroeste	2,871	2,319	54,501	4,699
Baja California	861	619	20,587	1,284
Baja California Sur	364	777	1,346	449
Sinaloa	1,003	583	16,486	1,315
Sonora	643	340	16,082	1,651

TABLA 8 FLOTA VEHICULAR POR ENTIDAD FEDERATIVA SEGÚN SERVICIO DE PASAJE, TURISMO Y CARGA. FUENTE:
ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO 2012 DE LA SCT

Con la información obtenida de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte se realizó el análisis puntual del número de vehículos que transitan por diversas autopistas. En la tabla 9 se muestra el tránsito de vehículos en las autopistas a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), y el porcentaje de participación por tipo de red y camino. La red del Fondo Nacional de Infraestructura (FNI) tiene el porcentaje más alto al tener una mayor participación en el número de autopistas a su cargo.

La autopista México-Tizayuca tiene un porcentaje de participación de 13.5%, siendo así la autopista más transitada, seguida de la autopista México-Puebla con una participación del 11.6% y con un porcentaje del 10.4 la autopista México-Querétaro. Las tres autopistas quedan inmersas en algunos kilómetros en la mesorregión Centro- País con una participación total del 35.5%.

Red	Vehículos (Miles)	%
Autopista		
Total	376,174	100.0
Red propia	4,178	1.0
Chapalita-Compostela	1,637	0.4
Entronque Cuauhtémoc-Entronque Osiris	2,398	0.6
Libramiento Sur II de Reynosa	143	0.0
Red contratada	50,856	13.5
México-Tizayuca	37,361	13.5
Guadalajara-Colima	5,537	1.5
Libramiento Tulancingo-Nuevo Necaxa	6,097	1.6
Libramiento Norte de Chilpancingo-Montaña	729	0.2
Entronque Tihuatlán-Tuxpam	1,132	0.3
Red FNI	321,140	85.5
México-Cuernavaca	13,001	3.5
Puente de Ixtla-Iguala	1,711	0.5
La Pera-Cuautla	8,779	2.3
Zacapalco-Rancho Viejo	550	0.1
Campeche-Champotón	2,389	0.6
Cuernavaca-Acapulco	25,724	6.8
Monterrey-Nuevo Laredo	4,049	1.1
Libramiento Poniente de Tampico	2,802	0.7
Cadereyta-Reynosa	1,868	0.5
Chamapa-Lechería	34,120	9.1
Libramiento Noreste de Querétaro	4,707	1.3
Pátzcuaro-Uruapan	1,532	0.4
Córdoba-Veracruz	10,198	2.7
La Tinaja-Cosoleacaque	8,255	2.2
Estación Don-Nogales	13,361	3.6
Libramiento Oriente de Saltillo	4,166	1.1
La Carbonera-Puerto México	4,730	1.3
Torreón-Saltillo	2,875	0.8
Gómez Palacio-Corralitos-Autopista Unión	1,865	0.5
Reynosa-Matamoros	1,508	0.4
Aguadulce-Cárdenas	3,030	0.8
Uruapan-Nueva Italia	1,254	0.3
Tihuatlán-Gutiérrez Zamora	1,390	0.4
Nueva Italia-Lázaro Cárdenas	601	0.2
México- Querétaro	38,969	10.4
Querétaro-Irapuato	20,239	5.4
México-Puebla	43,816	11.6
Las Choapas-Ocozocuatla	3,847	1.0
Puebla-Orizaba	20,611	5.5
Tijuana-Ensenada	10,882	2.9
Cd. Mendoza-Córdoba	13,093	3.5
Rancho Viejo-Taxco	897	0.2
Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca	8,452	2.2
La Rumorosa-Tecate	2,303	0.6
Aeropuerto Los Cabos-San José del Cabo	958	0.3
Salina Cruz-Tehuantepec-La Ventosa	1,031	0.3
Durango-Mazatlán	1,243	0.3
Lagos de Moreno-San Luis Potosí	334	0.1

TABLA 9 TRÁNSITO DE VEHÍCULOS EN LAS AUTOPISTAS A CARGO DE CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS, PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN POR TIPO DE RED Y CAMINO. FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT

Estudiando el tránsito diario promedio anual en las autopistas de cuota se puede determinar cuáles tienen un mayor aforo vehicular según el tipo de vehículo. En la tabla 10 se muestran los datos obtenidos en el 2012 por la SCT. De las 15 autopistas con mayor tránsito, en la tabla 10 enunciadas, 8 autopistas, en alguna de sus secciones pertenecen a la región Centro-País, por ejemplo las seis primeras: México-Pachuca, Constituyentes-La Marquesa, México-Querétaro, Chamapa-Lechería, México-Puebla y México-Cuernavaca.

Autopista	Total	Automóviles	Autobuses	Camiones
Total	908,885	649,408	51,185	208,292
Subtotal autopistas con mayor tránsito	500,314	390,467	26,733	83,114
México-Pachuca	60,950	52,525	3,378	5,047
Constituyentes-La Marquesa	58,133	51,952	3,420	2,761
México- Querétaro	50,695	31800	2,412	16,483
Chamapa-Lechería	46,442	41,716	334	4,392
México-Puebla	40,512	30,548	2,945	7,019
México-Cuernavaca	34,418	29,640	2,213	2,565
Cd. Mendoza-Córdoba	32,393	22,766	1,712	7,915
Guadalajara-Zapotlanejo	31,545	22,319	2,028	7,198
Peñón-Texcoco	31,001	27,485	1,188	2,328
Puebla-Acatzingo	29,158	19,815	2,147	7,196
Querétaro-Irapuato	21,440	14,314	962	6,164
Ecatepec-Pirámides	20,887	17,541	1,536	1,810
Cardel-Veracruz	15,964	11,894	794	3,276
Acatzingo-Cd. Mendoza	13,840	7,037	956	5,847
Libramiento de Víctor Rosales	12,936	9,115	708	3,113
Subtotal otras autopistas	408,571	258,914	24,452	125,178

TABLA 10 AUTOPISTAS DE CUOTA CON MAYOR AFORO VEHICULAR SEGÚN EL TIPO DE VEHÍCULO 2012 (TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL). FUENTE: ANUARIO 2012 DE LA SCT

Con la información obtenida de la SCT presentada en las tablas anteriores sobresale la importancia de la mesorregión Centro-País, a pesar de ser la región más pequeña en cuanto a extensión superficial su población es la segunda más grande del país, detrás de la región Sur-Sureste, la cual es casi 10 veces el tamaño de la región Centro-País. Es necesario subrayar la participación que tiene Tlaxcala en la región al ocupar el primer lugar en longitud carretera por cada 100 kilómetro cuadrados.

También la región Centro-País destaca con el porcentaje más alto de flota vehicular de transporte de carga y de pasajeros, siendo el Distrito Federal la entidad con el mayor porcentaje. La región Centro-País ocupa el primer lugar en el servicio de pasaje, turismo y carga general, y el segundo puesto en el servicio de carga especializada.

Las autopistas de la mesorregión Centro-País son de las autopistas más transitada, tienen una participación mayor del 35.5% del total del país, destacando la autopista México-Puebla con una participación del 11.6%. Ocho de las 15 autopistas con mayor aforo vehicular pertenecen a la región Centro-País, entre ellas está la autopista México-Puebla.

CONEXIÓN MÉXICO-PUEBLA

La carreta federal de cuota México-Puebla es una de las carretas importantes en el país, forma parte del tramo carretero México – Veracruz (Carretera 150D).

La carreta 150D empieza en la Ciudad de México, atraviesa el valle Puebla Tlaxcala, cruza algunas ciudades como San Martín Texmelucan y la capital de Puebla, continúa hacia el oriente y llega a Orizaba, para seguir hasta la ciudad de Veracruz.

Como se aprecia en la figura 1, tomada del programa informático atlas de la red carretera de la SCT (*Atlas de la red carretera de México, 2011*), el tramo México-Puebla conecta con otros corredores al sur, entre los cuales están Acapulco-Veracruz y Puebla-Progreso, y al norte con los corredores México-Nogales y México-Nuevo Laredo. Esta condición de conectividad genera que tenga un tránsito vehicular elevado.

Acapulco-Veracruz
México-Nogales

Puebla-Progreso
México-Nuevo Laredo

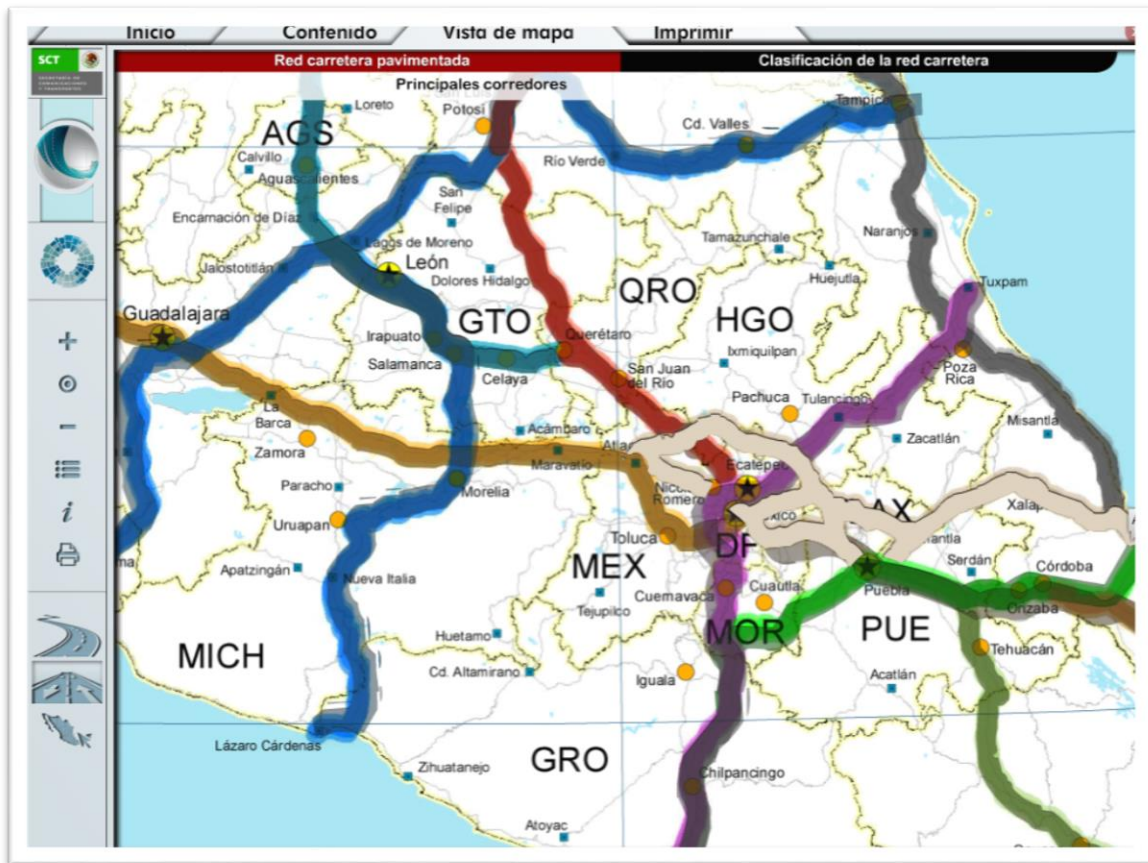


FIGURA 7 PRINCIPALES CORREDORES CARRETEROS DEL CENTRO DEL PAÍS. FUENTE: ATLAS CARRETERO SCT

CAPUFE define que los corredores carreteros son conjuntos de tramos carreteros que enlazan distintas regiones y que conforman zonas que tienen actividades económicas afines, bajo esta premisa, la carretera México – Puebla es un tramo que conecta a los estados de Veracruz y Puebla con el Distrito Federal y así mismo, estos corredores con los corredores del norte, son un punto central geográficamente hablando, que tiene gran relevancia en la interconexión de la red carretera de México.

AFOROS

Para mostrar la importancia en aforo que se tiene en esta carretera se muestran a continuación datos de aforos por tipos de vehículos y por época del año, como se observa en la tabla 1 y de acuerdo a datos del 2010 publicados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el Transito Diario Promedio Anual (TDPA) medido en las tres casetas que se encuentran en la carretera son:

CASETA	TDPA
Chalco	42,075
San Marcos	49,341
San Martín	27,450

TABLA 11 TDPA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA SCT

Siendo uno de los más altos a nivel nacional, revisando los datos publicados también se observa que el tránsito es en mayor parte de automóviles particulares con casi tres cuartas partes del total, seguido por autobuses y transporte de carga como se muestra en la tabla 2.

DESCRIPCIÓN	Chalco	San Marcos	San Martín
Automóvil	88.4	74.3	71.5
Automóvil con remolque	0	0.1	0.2
Autobuses	2.4	8.6	8.3
Camión de dos ejes	4.2	7	5.2
Camión de tres ejes	2.2	3.7	4.2
Camión de cuatro ejes	0.1	0.2	0.2
Camión de cinco ejes	1.7	3.4	5.8
Camión de seis ejes	0.4	0.3	0.9
Camión de siete ejes	0	0.1	0.2
Camión de ocho ejes	0	0.1	0.1
Camión de nueve ejes	0.3	1.5	3
Vehículos no clasificados	0.3	0.7	0.4

TABLA 12 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA SCT.

Existen diferencias significativas en el número de automotores que utilizan la carreta, sobre todo por la caseta que se esté analizando, en la caseta de Chalco la variación a lo largo del año es bastante uniforme, con una diferencia de un punto porcentual entre septiembre y diciembre:



TABLA 13 CASETA CHALCO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SCT

Sin embargo, en la caseta de San Marcos la variación a lo largo del año es de más del doble en comparación con Chalco, aunque igualmente el mes en el que existe un menor tránsito promedio es septiembre, y en diciembre es el mes en el que existe mayor tránsito.

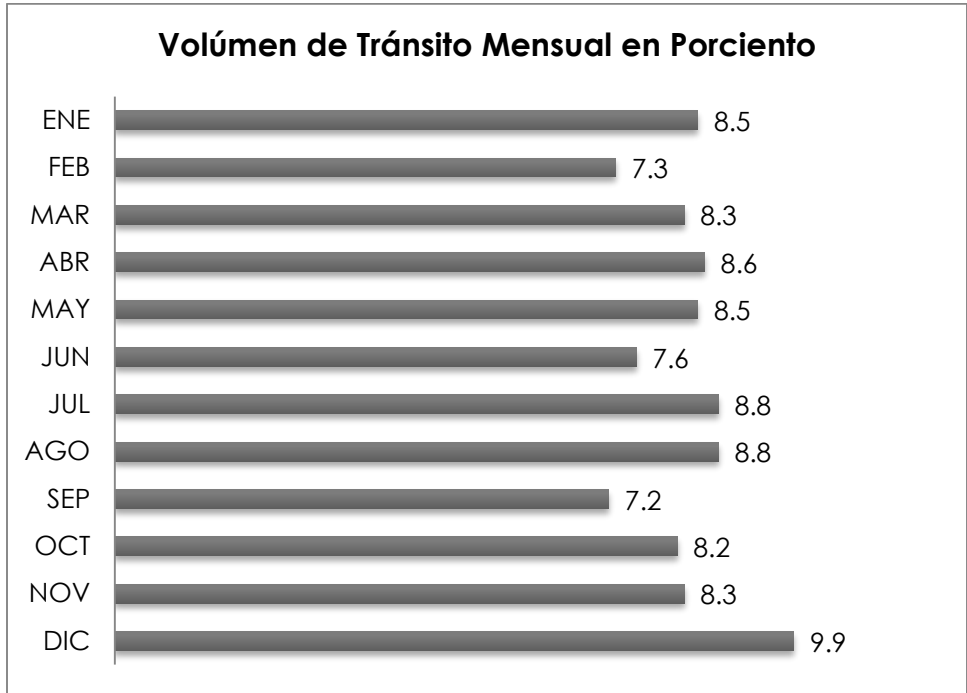


TABLA 14 CASETA SAN MARCOS FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SCT

En la caseta de San Marcos, ubicada en el kilómetro 96 de la carretera, la mayor variación es entre los meses de febrero y diciembre, con una diferencia mayor al triple en el número de automóviles y camiones que circulan a través de este tramo.

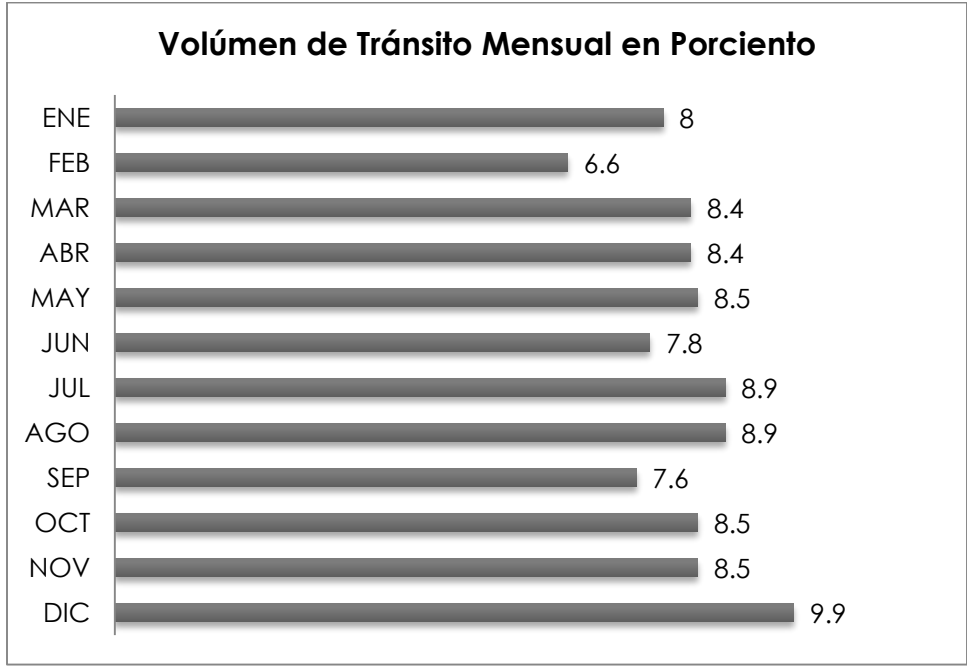


TABLA 15 CASETA SAN MARTÍN FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE SCT

En los tres casos se observa que el mes de diciembre es uno de los que mayor afluencia tiene, y en febrero y septiembre se tiene el menor número de automóviles que circulan por este tramo carretero.

LOS ACCIDENTES CARRETEROS

Para empezar a analizar el problema de los accidentes ocurridos en el tramo de estudio se decidió enfocar desde una perspectiva mundial, para después compararla con la situación en México a nivel nacional, y posteriormente desarrollarla en el caso particular de la carretera México-Puebla.

También se analizan algunas propuestas en México y en otros países, enfocadas a reducir los accidentes vehiculares y la gravedad de estos, para mostrar lo que se está haciendo en otras partes del mundo y compararla con la situación actual que se tiene en el país, también se aborda la importancia del tiempo de respuesta de los servicios médicos al lugar de los accidentes y que tanto influye la rapidez de la misma en la severidad del accidente y sus consecuencias así mismo, se muestran la clasificación las causas de los accidentes.

ACCIDENTES CARRETEROS EN EL MUNDO

De acuerdo a datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el mundo anualmente mueren 1.2 millones de personas y 50 millones resultan lesionadas, destaca que el 90% de las muertes ocurren en países de bajo y medio ingreso, los cuales tienen únicamente 48% de los vehículos (Organización Mundial de la Salud, 2009)

La mortalidad causada por accidentes vehiculares se estima que aumentará en un poco más del 50%, pasando del noveno lugar al quinto en porcentaje de muertes totales a nivel mundial (Organización Mundial de la Salud, 2008)

Sin embargo, no es únicamente el número de muertes preocupante, además existen los millones de personas discapacitadas a consecuencia de los accidentes de tránsito, y las pérdidas económicas que generan, las cuales se calculan en \$580,000 millones de dólares, el equivalente entre el 1% y 3% del producto interno bruto (PIB) de los gobiernos de cada país (Organización Mundial de la Salud, 2009).

Debido al impacto de estas muertes es necesario estar en la búsqueda continua de estudios que midan el desarrollo de los accidentes en distintos países, para proponer medidas que ayuden a mejorar las políticas para la prevención de accidentes.

En la tabla 16 se muestran los principales indicadores internacionales de transporte terrestre de carga y pasajeros de doce países, entre ellos México, para tener un

punto de comparación cuando se habla de las cifras de accidentes en relación al número de vehículos que circulan por sus carreteras. Estados Unidos de Norteamérica ocupa el primer lugar en el transporte terrestre de carga y de pasajeros por carretera. México se encuentra en un punto medio comparado con los países de esta lista.

País	Transporte terrestre de carga por carretera	Transporte terrestre de pasajeros por carretera (Autobuses y automóviles)
	Toneladas-kilómetros (Miles de millones)	Pasajeros-kilómetros (Miles de millones)
Estados Unidos	3053.0	6,339.6
Polonia	73.9	319.5
República Checa	51.8	74.1
Italia	160.3	803.7
Canadá	138.7	ND
Francia	174.4	777.2
España	210.1	392.5
Alemania	313.1	ND
Japón	318.0	ND
México	220.3	452.0
Suecia	32.7	107.8
Reino Unido	137.8	653.8

ND: Cifra no disponible

TABLA 16 PRINCIPALES INDICADORES DE TRANSPORTE TERRESTRE DE CARGA Y PASAJEROS. INDICADORES INTERNACIONALES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON LOS DATOS DE LAS PRINCIPALES ESTADÍSTICAS DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 2013 DE LA SCT

Estados Unidos de Norteamérica es el país con un mayor número de muertes en accidentes carreteros por cada 100,000 habitantes, en la tabla 17 se aprecia que es seguido por países europeos: Polonia, República Checa e Italia. México se encuentra en las últimas posiciones de esta tabla, sin embargo, en la variación porcentual en las cifras en el periodo de 10 años, del 2000 al 2010, México no tuvo una variación tan significativa como el resto de los países enunciados. Esto nos pone en alerta por tener un problema a resolver.

Accidentes en carreteras			
País	Comparativo Muertos 2010/2000	Saldos en accidentes carreteros	
	Variación porcentual (%)	Muertos y heridos (Miles)	Muertos p/c 100,000 habitantes
Estados Unidos	-21.8	ND	10.6
Polonia	-37.9	53.0	10.1
República Checa	-46.0	25.2	7.6
Italia	-42.1	302.7	6.8
Canadá	ND	ND	6.5
Francia	-50.6	88.5	6.3
España	-57.1	122.7	5.4
Alemania	-51.4	374.8	4.5
Japón	-44.8	900.0	4.5
México	-3.7	33.6	4.5
Suecia	-44.8	24.6	4.2
Reino Unido	-46.8	217.6	3.1

ND: Cifra no disponible

TABLA 17 PRINCIPALES INDICADORES DE ACCIDENTES EN CARRETERAS POR PAÍS SELECCIONADO. INDICADORES INTERNACIONALES. FUENTE: PRINCIPALES ESTADÍSTICAS DEL SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES 2013 DE LA SCT

ACCIDENTES CARRETEROS EN MÉXICO

La enorme cantidad de accidentes carreteros en México lo convierten en el séptimo país con mayor índice de accidentalidad (Organización Mundial de la Salud, 2009), los datos que muestra la Organización Mundial de la Salud con respecto a los accidentes en México del año 2007 son:

- Número de vehículos registrados: 24,970,879
- Número de muertes por año : 22,103
- Muertes por cada 100,000: 20.07

Lo anterior no se aleja mucho de los datos que proporciona el Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (CENAPRA), que en 2007 contabiliza 15,349 decesos; cifra que para el año 2010 aumentó a 16,559, siendo las personas más afectados aquellas que se encuentran en un rango de edad de 5 a 35 años

(CENAPRA, 2012) y contabilizan más de un millón de lesiones que requieren atención médica, así como de 350,000 accidentes graves que requieren de hospitalización.

El costo de los accidentes en México asciende a 10,000 millones de dólares aproximadamente, de acuerdo a datos de CENAPRA se dividen como se muestra en la figura 8:

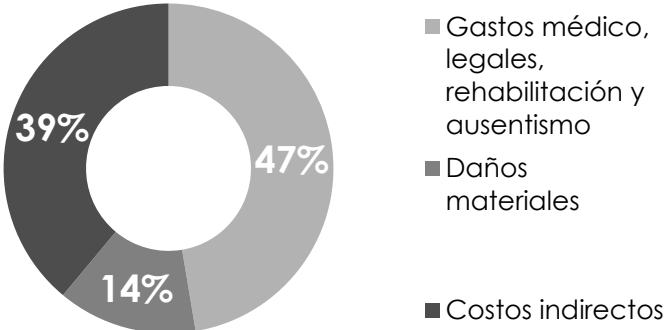


FIGURA 8 COSTO DE LAS LESIONES Y MUERTES OCASIONADAS POR ACCIDENTES DE TRÁFICO EN MÉXICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE CENAPRA

Sin embargo, estos datos representan los accidentes ocurridos en zonas urbanizadas y en carreteras; los datos que muestra CENAPRED usando como fuente las bases del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en conjunto con datos de la Policía Federal Preventiva (PFP) determinaron que en carreteras federales, en el año 2010, ocurrieron 27,213 accidentes dejando un saldo de 4,790 muertos y 27,927 heridos. Se presentan los datos de accidentes y mortalidad en las figuras 9 y 10:

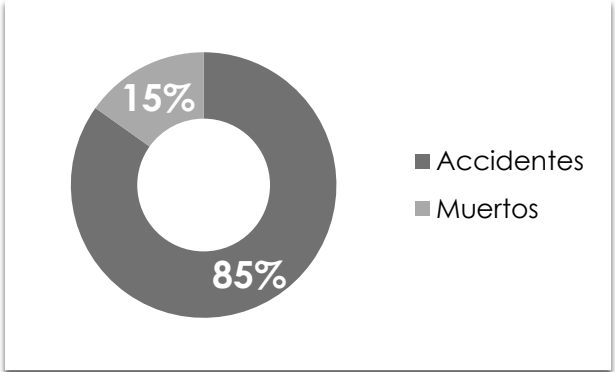


FIGURA 9 ACCIDENTES CARRETEROS DEL AÑO 2010 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE CENAPRA (CENAPRA, 2012)

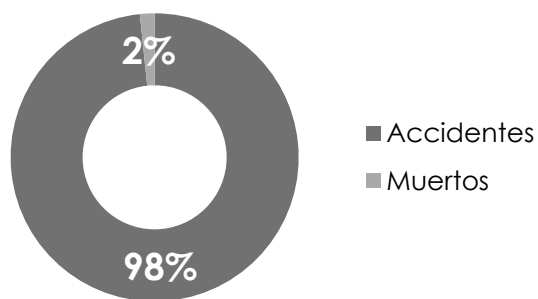


FIGURA 10 ACCIDENTES EN ZONA URBANA DEL AÑO 2010 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE CENAPRA

En las gráficas anteriores se observan que la probabilidad de morir cuando se presenta un accidente en carretera es mayor que en los accidentes ocurridos en zonas urbanas.

Retomando los datos de la longitud de red carretera de las mesorregiones del país, en la tabla 18 se observan los saldos de accidentes en carretera y el índice de accidentes por kilómetro. La región Centro-País ocupa el primer lugar en cuanto al índice de accidentes. México, Morelos y el Distrito Federal son las entidades que tienen un mayor número de accidentes por kilómetro de carretera.

Mesorregión	Accidentes	Longitud de red carretera (km)	Índice de accidentes por kilómetro	Rango
Estados				
Sur-Sureste				
Campeche	427	1,312	0.326	22
Chiapas	244	2,539	0.096	32
Guerrero	616	2,513	0.245	25
Oaxaca	558	3,319	0.168	30
Puebla	1,326	1,658	0.800	4
Quintana Roo	426	1,344	0.317	23
Tabasco	233	659	0.354	19
Veracruz	2,466	3,708	0.665	5
Yucatán	456	1,598	0.285	24
Centro-Occidente				
Aguascalientes	255	421	0.606	9
Colima	253	437	0.579	10
Guanajuato	1,082	1,680	0.644	6
Jalisco	740	3,115	0.238	27
Michoacán	1,269	3,139	0.404	18
Nayarit	483	1,130	0.427	17
Querétaro	338	614	0.551	11
San Luis Potosí	1,138	1,794	0.634	8
Zacatecas	543	1,575	0.345	20
Centro-País				
Distrito Federal	153	166	0.922	3
Hidalgo	671	1,319	0.509	13
México	1,863	1,728	1.078	1
Morelos	490	499	0.982	2
Tlaxcala	487	761	0.640	7
Noreste				
Coahuila	679	1,973	0.344	21
Chihuahua	601	2,972	0.202	29
Durango	386	2,734	0.141	31
Nuevo León	860	1,764	0.487	14
Tamaulipas	605	2,691	0.225	28
Noroeste				
Baja California	968	2,027	0.478	15
Baja California Sur	345	1,431	0.241	26
Sinaloa	798	1,555	0.513	12
Sonora	1,067	2,483	0.430	16

TABLA 18 SALDOS DE ACCIDENTES EN CARRETERA POR ENTIDAD FEDERATIVA, 2009. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DEL ANUARIO ESTADÍSTICO DE ACCIDENTES EN CARRETERAS FEDERALES, 2009 DE LA SCT

ACCIDENTES CARRETEROS EN EL TRAMO MÉXICO-PUEBLA

De acuerdo a información de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2006), el tramo carretero México-Puebla ocupa el primer lugar en cuanto al costo por accidentes, con un gasto de \$264,163 dólares por kilómetro.

En forma de ejemplo se muestran a continuación en la figura 5 los diez primeros tramos carreteros jerarquizados en relación al costo.

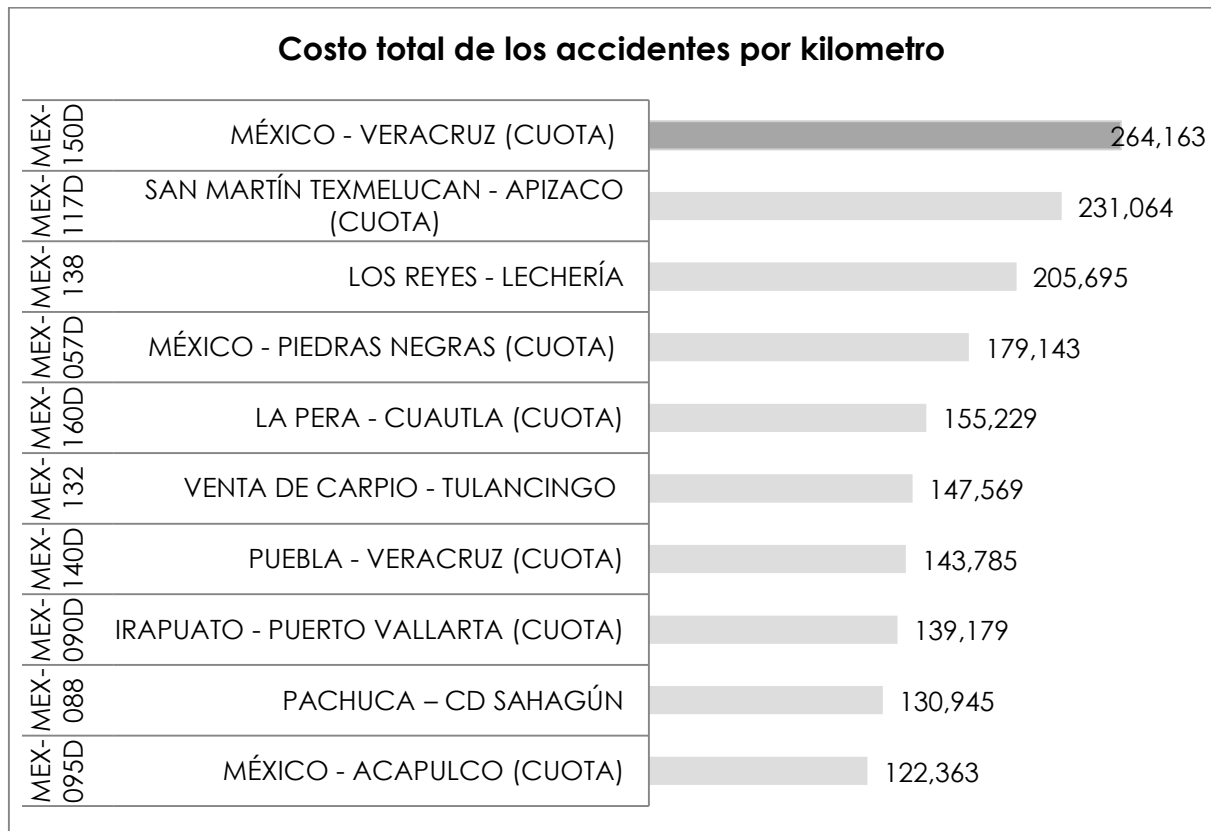


FIGURA 11 COSTO DE LOS ACCIDENTES POR KILÓMETRO. ELABORACIÓN PROPIA CON BASE EN DATOS DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

La tabla anterior muestra las carreteras más peligrosas, sin embargo, para delimitar el área de estudio la SCT segmenta en tramos por entidad federativa; a continuación, en la tabla 19 se muestran los diez tramos más peligrosos por entidad federativa:

Como se puede observar, el tramo de la carretera México-Puebla es uno de los de mayor peligro, tomando en cuenta la jerarquización por costo del accidente.

Ruta	Nombre de la ruta	Longitud de la ruta	Accidentes	Participantes	Muertos	Lesionados	Daños materiales	Costo de los Accidentes
MEX-045	TRAZO ANTIGUO SAN FRANCISCO DE LOS ROMOS	5.5	12	17	7	19	26,864	555,430
MEX-138	T C(MÉXICO - PACHUCA (LIBRE)) - TC(SAN PEDRO BARRIENTOS - ECATEPEC)	3.58	34	77	3	49	58,545	515,795
MEX-150D	MÉXICO - PUEBLA (CUOTA)	107.5	399	682	62	768	1,745,404	332,664
MEX-138	SAN PEDRO BARRIENTOS - ECATEPEC	19.7	74	138	13	83	125,391	320,883
MEX-150D	PUEBLA - CÓRDOBA (CUOTA)	178.1	436	701	122	452	2,319,187	317,480
MEX-095	LIBRAMIENTO DE CUERNAVACA	14.7	85	157	8	52	277,619	279,022
MEX-068D	RAMAL CHAPALILLA - TEQUEPEXPAN	9.35	9	13	6	2	107,909	270,792
MEX-057D	MÉXICO - QUERÉTARO (CUOTA)	212	591	1,016	112	690	2,948,100	264,283
MEX-045	LIBRAMIENTO DE GUADALUPE - ZACATECAS	18.2	68	103	8	66	378,136	240,117
MEX-117D	SAN MARTÍN TEXMELUCAN - OCOTOXCO (CUOTA)	35.6	96	156	17	99	237,891	231,064

TABLA 19 TRAMOS CARRETEROS MÁS PELIGROSOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA SCT

PROPUESTAS MUNDIALES Y NACIONALES PARA REDUCIR EL NÚMERO DE ACCIDENTES CARRETEROS

La Organización Mundial de la Salud al realizar el reporte mundial (Organización Mundial de la Salud, 2009) propone seis acciones para que los gobiernos las pongan en práctica, con la finalidad de reducir los accidentes viales las cuales son:

- Identificar un organismo o agencia que se encargue de coordinar los esfuerzos que se realicen a nivel nacional orientados a tener un tránsito vehicular seguro
- Evaluar las políticas y los marcos institucionales relacionados con las lesiones por accidentes vehiculares y la capacidad para prevenir este tipo de lesiones en cada país.
- Preparar una estrategia nacional de seguridad vial y el plan de acción
- Asignar recursos financieros y recursos humanos para abordar la problemática
- Implementar acciones específicas para prevenir accidentes vehiculares minimizar lesiones y sus consecuencias, así como evaluar el impacto de las acciones. Estas acciones incluyen medidas para reducir velocidades excesivas e inapropiadas; reducir los niveles de alcohol de los conductores e incrementar el uso de cascos de motocicleta, cinturones de seguridad y retención infantil.
- Apoyar el desarrollo de capacidades nacionales y cooperación internacional.

Algunas de estas medidas ya se aplican en México, la OMS en el mismo estudio, señala que se tiene una estrategia para el tránsito vehicular seguro, sin embargo, da calificaciones bajas en cuanto a la legislación y aplicación de acciones específicas, por ejemplo:

Legislación nacional	Calificación
Límites de velocidad	4
Manejar en estado de ebriedad	3
Casco de seguridad para motociclistas	3
Cinturón de seguridad	5
Dispositivos de retención infantil	1

TABLA 20 CALIFICACIÓN OMS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE LA OMS

En México el organismo encargado de poner en práctica las acciones es el CENAPRA, quienes definen su misión de la siguiente manera: "Somos responsables de la promoción e implementación de políticas públicas cuya finalidad es disminuir el número de hospitalizaciones, discapacidades y muertes provocadas por accidentes. Así mismo, coordinamos la operación de los Consejos Estatales para la Prevención de Accidentes (COEPRAs) de las 32 Entidades Federativas." ("Secretariado Técnico Consejo Nacional Prevención Accidentes," 2012)

Las muertes en accidentes de tránsito pueden ser evitables (*Programa Nacional de Salud 2007-2012*, 2007) y se plantea como meta disminuir en 15% la mortalidad en jóvenes de entre 15 y 29 años derivadas de accidentes vehiculares. Para lograr esto, contemplan el diseño de planes de seguridad vial en conjunto con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) buscando una reducción en mortalidad de 13 personas por cada 100,000 habitantes, desarrollando así mismo programas que ayuden a la promoción en la cultura de la prevención de accidentes mediante el uso de cinturones de seguridad, respeto de los límites de velocidad y controles en el consumo de alcohol entre los conductores.

Los lineamientos antes mencionados son muy generales, y no proporcionan medidas que sean fácilmente cuantificables para observar el impacto de llevar a cabo determinadas acciones, sin embargo, existe un programa específico, el cual tiene líneas de acción más definidas, contempla y adapta una matriz de Haddon para intervención en accidentes de tránsito (Tabla 21).

Factores				
Fase		Ser humano	Vehículos y equipo	Entorno
Antes del accidente	Prevención de accidentes	Fortalecimiento del control, vigilancia y cumplimiento de las normas vigentes Formación de entrenadores en prevención de accidentes	Buen estado técnico y mecánico de los vehículos	Generación y acceso a información confiable y oportuna Limitación de los factores de riesgo Renovar y hacer más eficiente el marco normativo en materia de prevención de accidentes de tráfico Impulso a la promoción de la seguridad vial y prevención de ATVM
Accidente	Prevención de traumatismos durante el accidente	Utilización de dispositivos de seguridad en el conductor y los ocupantes	Dispositivos de retención de los ocupantes Promover el incremento en el uso de sistemas de seguridad activa y pasiva de los vehículos	Objetos e infraestructura para la disminución de la intensidad del impacto
Después del accidente	Conservación de la vida	Profesionalización de la capacidad de los técnicos en urgencias médicas Utilización de guías prácticas y protocolos de atención médica	Facilidad de acceso Riesgo de incendio	Instalación de CRUM Regionalización de servicios médicos de urgencias Número único para la atención de urgencias médicas

TABLA 21 MATRIZ DE HADDON. FUENTE: PROGRAMA NACIONAL DE SALUD 2007-2012, 2007

En ella se clasifican por distintas fases de ocurrencia, en tres tipos

- Antes
- Durante
- Después del accidente.

Y se dividen por factores:

- Ser humano
- Vehículos y equipo
- Entorno

Se puede observar que existen diferentes factores y acciones que se pueden establecer, dependiendo de la fase en la que ocurre el accidente, si se relaciona con lo descrito anteriormente referente a las acciones a desarrollar en el programa nacional de salud (*Programa Nacional de Salud 2007-2012, 2007*) podemos

observar que no menciona las acciones que deberán ser llevadas a cabo para conservar la vida de los heridos después de ocurrido el accidente, aun cuando en el mismo plan se marca como uno de los objetivos de la política el “brindar servicios de salud eficientes, con calidad, calidez y seguridad para el paciente”. Además de lo anterior, existe un número importante de decesos ocasionados por no recibir el tratamiento adecuado en el tiempo adecuado (Trunkey, 1991).

IMPORTANCIA DEL TIEMPO DE RESPUESTA EN LA UBICACIÓN DE SERVICIOS

Algunos autores han estudiado el beneficio que se tiene al reducir el tiempo de respuesta en los servicios de emergencia, y han concluido que existe una disminución en el número de muertes cuando el tiempo de respuesta disminuye (Rodríguez Suárez, Misa Menéndez, Ponz Moscoso, Valdivia Puerta, & Mur Villar, 2002) . Otros autores no concuerdan, debido a que los beneficios que se pueden obtener no son tan altos, y plantean que no es posible tener un gran número de puestos de control para atender a los heridos (Blackwell & Kaufman, 2002).

HORA DE ORO

La hora de oro se refiere al tiempo recomendado para recibir la atención médica, es la primera hora después del accidente, en ella se produce el mayor número de fallecimientos, debido generalmente a la obstrucción de vías aéreas o pérdida del volumen circulante, y muchos de estos fallecimientos se pueden evitar cuando la atención médica que recibe el accidentado se realiza de forma rápida y con el personal e instrumentos adecuados (Dirección General de Tráfico, España, 2011) .

Para reducir el tiempo de respuesta en que el accidentado recibe atención de sus lesiones se deben seguir cuatro premisas en los servicios de emergencia:

1. Aviso rápido de los accidentes a los servicios de emergencia por medio de un servicio integral de urgencias y emergencias
2. Inicio del tratamiento en el sitio del accidente, mediante atención pre-hospitalaria rápida y adecuada
3. Un medio de transporte que cuente con las características necesarias, para seguir con el tratamiento dentro de la unidad y hasta la llegada al hospital.
4. Transporte hasta el hospital que cuente con las características apropiadas para tratar el tipo accidente del que se trata.



FIGURA 12 ASISTENCIA EN LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Después de ocurrido el accidente, se inicia la asistencia con los testigos del accidente u ocupantes del auto accidentado, dependiendo de la seriedad de sus heridas. Esta cadena debe estar coordinada entre los distintos agentes necesarios para responder al percance (policías, paramédicos, bomberos, etc.).

PRINCIPALES FACTORES DE RIESGO EN LA ATENCIÓN A LAS LESIONES POSTERIORES AL ACCIDENTE

Los accidentes de tráfico no son eventos totalmente aleatorios e inevitables, son recurrentes en el tiempo y el espacio, y tienen comúnmente múltiples causas (Luis Chías Becerril, 1999)

Lo anterior se puede relacionar con la definición del Consejo Nacional de Estados Unidos de América, el cual define un accidente como:

“Suceso inesperado, que no necesariamente produce daños, que interrumpe la terminación de una actividad; es inevitablemente precedido de un acto inseguro, una condición insegura o alguna combinación de actos y condiciones inseguras”

Teniendo en cuenta la anterior definición, se puede complementar para el caso de accidentes de tránsito de la siguiente forma:

“Un accidente producido en la vía pública en el que se encuentra implicado uno o más vehículos circulando por ella, pudiendo involucrar a peatones, vehículos en situación estacionaria u otros elementos.” (Rodríguez & Mántaras, 2003)

En este sentido, si un accidente va precedido de un acto inseguro, en muchos casos la víctima puede tomar medidas que reduzcan la posibilidad de sufrir un accidente, sin embargo, también se puede dar el caso en que la víctima no tuvo la culpa (falta de mantenimiento en las vías, otros conductores que no respeten las leyes de tránsito, desastres naturales, etc.) por lo que es importante que una vez que se ha producido el accidente los servicios de emergencia estén preparados para resolver esta situación y reducir el daño recibido.

Existen diversos factores que han sido identificados (Peden, 2004), los cuales influyen en la gravedad del traumatismo que pueden tener los involucrados en el accidente, después de ocurrido el mismo, como son:

Retraso en detectar la colisión:

Si la carretera es muy extensa, el tránsito no es muy elevado o las localidades no están a una distancia cercana de donde ocurrió el accidente tomará más tiempo hasta que se atienda el accidente. También puede influir la cobertura telefónica que se tenga a lo largo de la carretera.

Presencia de fuego debido a la colisión:

Se corre el riesgo en el accidente de que el combustible de los vehículos se incendie, dañando seriamente a los ocupantes que no puedan desocupar el vehículo, o bien ocasionarles la muerte.

Escape de sustancias peligrosas:

Dependiendo de la colisión y los líquidos que se derramen o se evaporen, se pueden clasificar en asfixiantes, tóxico e irritantes.

En los asfixiantes existe el riesgo en que el cerebro no reciba oxígeno, llevando al accidentado al deceso o dependiendo del tiempo que este expuesto a problemas ocasionados por la falta de oxígeno. Los gases irritantes pueden penetrar en los pulmones y causar respuestas pulmonares irritantes agudas, las cuales pueden ocasionar edemas, recubrimiento del pulmón por una capa mucosa, e inflamaciones, lo cual si puede llevar a la muerte con posterioridad (Gabriel Rodríguez Jaque, 2008)

Presencia de alcohol y de otras drogas:

El alcohol u otras drogas en el organismo de la persona a la que sufrió el accidente puede ser perjudicial al realizar la asistencia pre hospitalaria, debido a que puede inhibir el efecto de la medicina o potenciarlo, resultando en condiciones inesperadas que pueden llevar a la muerte (“Medicamentos y alcohol [Pag. 1 de 3] | EROSKI CONSUMER,” n.d.).

Dificultad para extraer a las personas de los vehículos y prestarles auxilio:

Si se produce un accidente en el cual los elementos del vehículo se deformen, puede ser una causa que para dificultar la extracción de las personas afectadas, por lo cual los servicios de emergencia deben utilizar herramientas para lograr extraer a los ocupantes.

Dificultad para evacuar a la gente de autobuses que hayan chocado:

Algunos autobuses cuentan únicamente con puertas delanteras, por lo tanto, en caso de un accidente puede quedar obstruida la salida principal, por lo cual es necesario equipo especial para lograr evacuar a los ocupantes.

Falta de atención apropiada previa a la hospitalización:

México es un país de ingreso medio de acuerdo con la OMS, y la débil infraestructura en los países de bajo y medio ingreso representa un factor de riesgo, debido a que el equipo para transportar a las personas que sufrieron un accidente no es la adecuada.

En contraste, en los países de ingreso alto los riesgos pre hospitalarios son menores, y se enfocan en mejorar los elementos con los que cuentan para reducir la gravedad de las lesiones después del accidente (Peden, 2004)

Falta de atención apropiada en las salas de urgencia:

Otro factor de riesgo es que los equipos de cuidado pre hospitalario no tengan la preparación necesaria para brindar el tratamiento como sucede en México, que carece de este tipo de especialistas (Peden, 2004)

De los factores anteriores algunos incrementan el peligro de muerte cuando los equipos de emergencia no llegan en el tiempo necesario para poder brindar los servicios adecuados, y debido a que a una mayor distancia el tiempo que tardan en llegar aumenta, la localización de los servicios médicos debe obedecer a minimizar los tiempos de recorrido.

UBICACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS MÉDICOS DE EMERGENCIA

De acuerdo a la información proporcionada en la página electrónica de CAPUFE los servicios de emergencia se encuentran en la caseta de Chalco y en San Martín Texmelucan, adicionalmente existe un servicio de emergencia en el kilómetro 47 de la carretera, así mismo, se encuentran diversas rampas de emergencia como se puede observar en la Figura 13.



FIGURA 13 LOCALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS MÉDICOS DE EMERGENCIA EN LA AUTOPISTA MÉXICO- PUEBLA.
FUENTE: CAPUFE

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

DEFINICIÓN

Los sistemas de información geográficos (SIG) son capaces de manejar información con referencia geográfica, y por distintos métodos se analiza de forma espacial, existen diversas definiciones de lo que es un SIG, en el año de 1987 el departamento de medio ambiente de Estados Unidos de América lo definió como *“un sistema para capturar, almacenar, chequear, manipular, analizar y representar datos que están especialmente referenciados en la tierra”*

Años después, en 1988 Burrough y McDonell lo redefinen como *“un sistema; normalmente asistido por ordenador; de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real con el fin de satisfacer múltiples propósitos”*

Las definiciones anteriores hacen referencia en mayor medida a los elementos informáticos necesarios, entre ellos haciendo alusión a las bases de datos y respectivos paquetes informáticos, sin embargo, para el año 90 el Centro Nacional para el Análisis e Información Geográfica (NCGIA por sus siglas en inglés) lo define de una manera más amplia, quedando de la siguiente manera *“Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos especialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”*. (Llopis, 2008)

En esta última definición incluye a los procedimientos necesarios para obtener el análisis requerido y especifica que el objetivo es resolver problemas complejos de planificación y gestión; a partir de esta definición se logra observar la utilidad de los SIG en el análisis espacial de los accidentes.

Las ventajas de tener una herramienta informática que ayude a analizar y comprender la problemática con un componente geográfico se encuentran en un SIG, si bien estas tareas se lograrían realizar con otro tipo de herramientas, el utilizar el programa adecuado nos brinda resultados más aproximados a la realidad y generan información útil para la toma de decisiones.

También están relacionadas con la relativa facilidad de modificar datos, eliminar y leer datos espaciales, permitiendo generar reportes, mapas, informes, etc.

Debido a su implementación vista como sistema sirven como integradores de información, permitiendo relacionar datos estadísticos con datos que contengan

alguna referencia espacial, esto ayuda a realizar distintos análisis dependiendo de la metodología utilizada para los mismos, integra tanto sistemas tecnológicos como de personas, siempre que se unifiquen criterios para sobre los que se desarrolle el estudio.

Es importante también recalcar que los resultados de un SIG dependen del análisis y la metodología, así como la confiabilidad de los datos, la manera de recabarlos tendrá que ir conforme con la metodología establecida, de otra manera se podrían tener datos que no reflejan la realidad del problema que se quiere analizar.

COMPONENTES

Los elementos que conforman el SIG e interactúan entre sí para lograr su funcionamiento están agrupados en cinco categorías (Llopis, 2008) las cuales son:

Usuarios:

Son necesario especialistas que definan los métodos para recolección, manejo y análisis de los datos. También deben desarrollar e implementar los sistemas.

Software:

Se incluyen los programas informáticos para tratamiento espacial, sin embargo, no es limitativo a esta clase de programas, también se aplica para los programas que auxilian a las entradas o salidas del SIG, como manejadores de bases de datos, documentos y/o imágenes.

Hardware:

Los requerimientos dependen del tipo de análisis y el software utilizado, comprende computadoras, GPS, instalaciones de red, vehículos, etcétera.

Datos:

Es el componente más importante para el SIG, debido a que es la entrada sobre la cual se realiza el análisis. Si los datos son confiables se pueden obtener resultados que respondan de manera más acertada a los problemas que se quieren resolver.

Métodos:

Se deben definir claramente las actividades operativas para la recolección y análisis de la información, para producir resultados confiables, así mismo los métodos y procesos en los que se van a tratar.

De los cinco componentes, el usuario es el que interactúa con todos los demás de manera activa, debido a que es el que define la calidad de la información y métodos, el software y hardware aunque esenciales son menos propensos a errores.

USOS DE LOS SIG EN LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y UBICACIÓN DE UNIDADES DE EMERGENCIA

Los sistemas de información geográfica tienen múltiples usos en diferentes campos, como pueden ser planificación del territorio, logística, distribución de bienes y servicios, geomarketing, políticas ambientales, estudios sociales y médicos, por nombrar algunos, para ser más precisos cualquier aplicación que tenga un componente geográfico o pueda relacionarse con alguno, se puede auxiliar de los SIG para obtener análisis o proponer soluciones (Clavé & Reverté, 2005), (Amago & Martínez, 2009).

En materia de accidentes existen diversas publicaciones que muestran la utilidad que tienen los SIG para su estudio, como es el caso de la ubicación de sitios que tienen una alta incidencia de accidentes de tránsito también llamados puntos negros, (Luis Chias Becerril, 1999) , (Anderson, 2007) , otras publicaciones están enfocadas en localizar la ubicación adecuada para los servicios de emergencia (MAHMUD & INDRIASARI, 2009), (M. Liliانا Ramírez, 2001) (Toran Pour & Yue, 2012) .

En la presente investigación se encontraron algunos trabajos que también se enfocan en la ubicación de los servicios de emergencia, sin embargo no se mencionan debido a que no muestran una clara relación con los sistemas de información geográfica.

La ventaja de contar con datos que están geográficamente referenciados es que se pueden analizar de manera visual y utilizar algunos modelos de localización de servicios integrados en algunos SIG.

RECURSOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES

Los datos necesarios para un SIG dependen del objetivo del análisis, la información puede ser contenida en fundamentalmente en tres tipos de archivos:

- Vectorial de línea
- Vectorial de punto
- Vectorial de polígono

La información de tipo línea se utiliza generalmente para trazar atributos donde el área está representada, por ejemplo por caminos, vías de ferrocarril y ríos.

La información de tipo punto es útil para representar objetos que tienen una ubicación determinada y son pequeños como para representarlos mediante líneas o polígonos,

Los polígonos son áreas que representan una determinada región que comparte atributos de forma homogénea dentro de sus límites, pueden ser municipios, países, zonas electorales, por mencionar algunos.

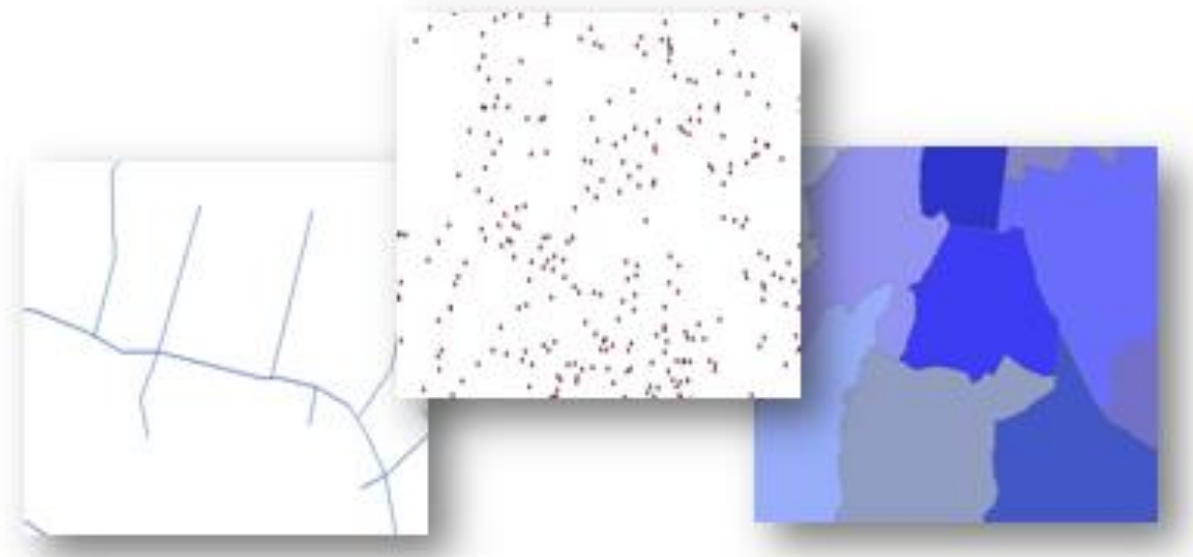
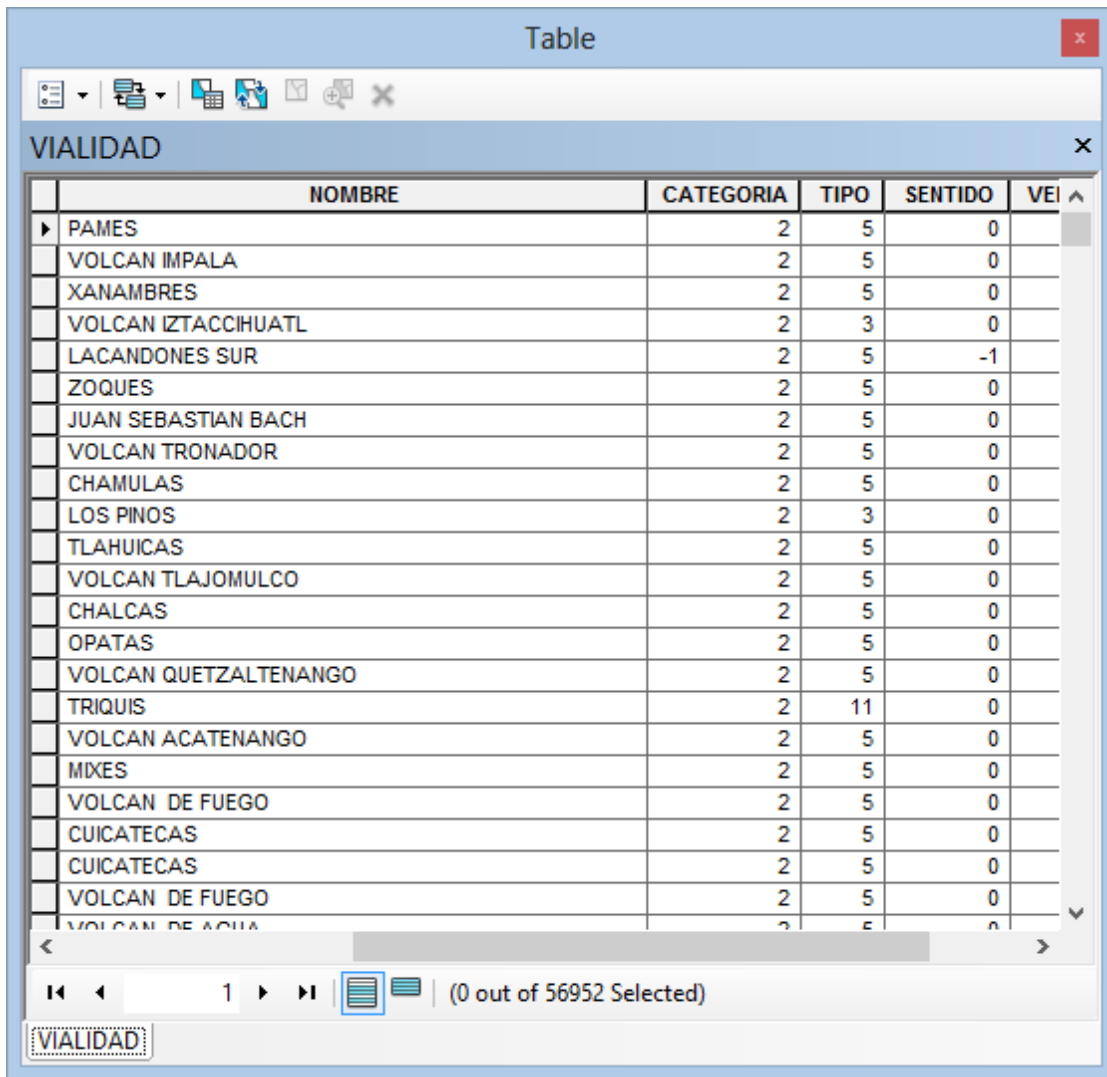


FIGURA 14 DATOS VECTORIALES FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Información tabular

Son bases de datos que tienen determinada estructura, mediante la información contenida se puede relacionar con los otros tipos de entrada para analizar o visualizar de la forma en que se definan los datos; la información contenida pueden ser números, texto, direcciones, medidas, etcétera.



	NOMBRE	CATEGORIA	TIPO	SENTIDO	VEI
▶	PAMES	2	5	0	
	VOLCAN IMPALA	2	5	0	
	XANAMBRES	2	5	0	
	VOLCAN IZTACIHUATL	2	3	0	
	LACANDONES SUR	2	5	-1	
	ZOQUES	2	5	0	
	JUAN SEBASTIAN BACH	2	5	0	
	VOLCAN TRONADOR	2	5	0	
	CHAMULAS	2	5	0	
	LOS PINOS	2	3	0	
	TLAHUICAS	2	5	0	
	VOLCAN TLAJOMULCO	2	5	0	
	CHALCAS	2	5	0	
	OPATAS	2	5	0	
	VOLCAN QUETZALTENANGO	2	5	0	
	TRIQUIS	2	11	0	
	VOLCAN ACATENANGO	2	5	0	
	MIXES	2	5	0	
	VOLCAN DE FUEGO	2	5	0	
	CUICATECAS	2	5	0	
	CUICATECAS	2	5	0	
	VOLCAN DE FUEGO	2	5	0	
	VOLCAN DE AGUA	2	5	0	

FIGURA 15 DATOS TABULARES FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Imágenes raster

Son archivos que se componen de pixeles, se componen de celdas ordenadas en filas y columnas, éste tipo de imágenes generalmente provienen de satélites, mapas, fotos y modelos de elevación.

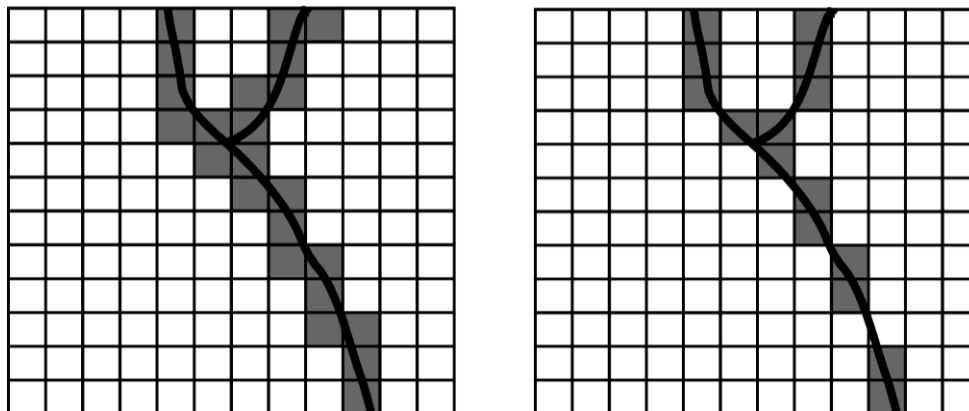


FIGURA 16 IMÁGEN RASTER. FUENTE: UNIVERSIDAD DE INDIANA, DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

Los sistemas de información geográfica son capaces de utilizar uno, dos o los tres tipos de información (ESRI, 2012), el uso de los mismos se ajusta a las necesidades del análisis que se requiera, ninguna información es mejor que otra, son complementarias.

Para el análisis de los accidentes es necesario tener digitalizadas las vías en formato vectorial debido a que es el tipo de archivo que utiliza el software para procesar los datos.

También se utilizó información tabular conteniendo la referencia geográfica del kilómetro donde ocurrió el percance y por último se utilizó información tipo raster para visualizar más fácilmente las características del entorno a estudiar.

Algunos SIG tienen funciones incluidas para el análisis de redes, en el presente trabajo se definió trabajar con ArcMap versión 10 debido a la cantidad de información que existe en la red para trabajar con él, en la búsqueda de artículos relacionados se encontró poco material enfocado a programas SIG de código abierto.

ALGORITMOS UTILIZADOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS DE RED

A través de algunos SIG se pueden realizar distintos análisis para resolver problemas referentes a redes, se puede computar problemas como:

- La ruta más corta
- Asignación de instalaciones más cercanas teniendo distintos orígenes
- Vendedor viajero (TSP por sus siglas en inglés)
- Ruteo de vehículos
- Ubicación-asignación
- Matriz de costo Origen-Destino
- Área de servicio

El presente trabajo utiliza el área de servicio contenida dentro de la extensión Network Analyst de ArcGis para analizar los puntos en los que se tiene nula cobertura por parte de los servicios médicos de emergencia con respecto al tiempo necesario para atender los accidentes sobre la carretera.

La herramienta para análisis de área de servicio se basa en el algoritmo de Dijkstra (ESRI, 2012) para la resolución del problema, devuelve una solución que muestra un área de red que es posible recorrer dependiendo de las restricciones utilizadas, para la representación se pueden generar líneas, polígonos o una combinación de ambos.

Algoritmo Dijkstra

El algoritmo de Dijkstra genera los caminos a través de la red, desde un nodo "a" pasando por el resto por orden creciente en los nodos, se van guardando los valores de los nodos de ruta mínima (Salas, 2008) y al final se obtiene el costo de un camino de peso mínimo.

Entrada: Grafo ponderado dirigido de n vértices con pesos positivos; a y z vértices distintos tales que existe algún camino de $a \rightarrow z$.

Salida: Peso de un camino de costo mínimo de $a \rightarrow z$.

Paso 1

Definir $S_0 = \emptyset, T_0 = V$. Asignar a los vértices v en V una etiqueta

$$L(v) = 0 \text{ si } v = a \text{ y } L(v) = \infty \text{ para } v \neq a$$

Paso 2

Para $i = 1, 2, \dots, n$ Si se han construido conjuntos S_0, S_1, \dots, S_{i-1} . Hacemos $T_{i-1} = V \setminus S_{i-1}$. Si $z \in S_{i-1}$, definir $S = S_{i-1}$ y se detiene la construcción. De otra manera, escoger el primer vértice u en T_{i-1} con la menor etiqueta:

$$L(u) = \min\{L(v) | v \in T_{i-1}\}$$

Definir

$u_{i-1} = u, S_i = S_{i-1} \cup \{u_{i-1}\} = \{u_0, u_1, \dots, u_{i-1}\}, T_i = V \setminus S_i$ y para cada vértice en v en T_i Adyacente a u

Se cambia la etiqueta $L(v)$ por la nueva etiqueta $\min\{L(v), L(u) + p(u, v)\}$:

$$L(v) \leftarrow \min\{L(v), L(u) + p(u, v)\}$$

Paso 3

Si $i = n$, se define $S = S_n$ y se detiene. Si $i < n$, hacer $i = i + 1$ y se repite el paso 2

El algoritmo utilizado en ArcGis es una modificación para permitir trabajar con sentidos de vialidades, restricciones de giro y bloqueos, también procesa restricciones de impedancia definidas como tiempo de viaje, distancia, límites de peso, altura.

Localización de servicios

La localización de servicios es una rama de estudio para encontrar el mejor lugar para ubicar un servicio en determinado punto espacial, y tiene cuatro elementos que caracterizan este tipo de problemas

- 1) Clientes o personas localizados
- 2) Servicios que serán ubicados
- 3) Un determinado espacio en el cual los servicios y clientes o personas ya se encuentran localizados
- 4) Indicadores medibles de costo de impedancia para la red

Las características a analizar varían dependiendo del tipo de servicio que se trate de ubicar (ReVelle & Eiselt, 2005).

Modelos de localización

Problema de localización de una planta (Simple plant location problem)

Se utiliza para localizar una planta para cubrir las necesidades de los clientes dentro de una red minimizando el costo de viaje del origen al destino. Este problema tiene la restricción de que únicamente se define un solo lugar el cual prestará el servicio para cubrir todas las demandas que se busquen satisfacer.

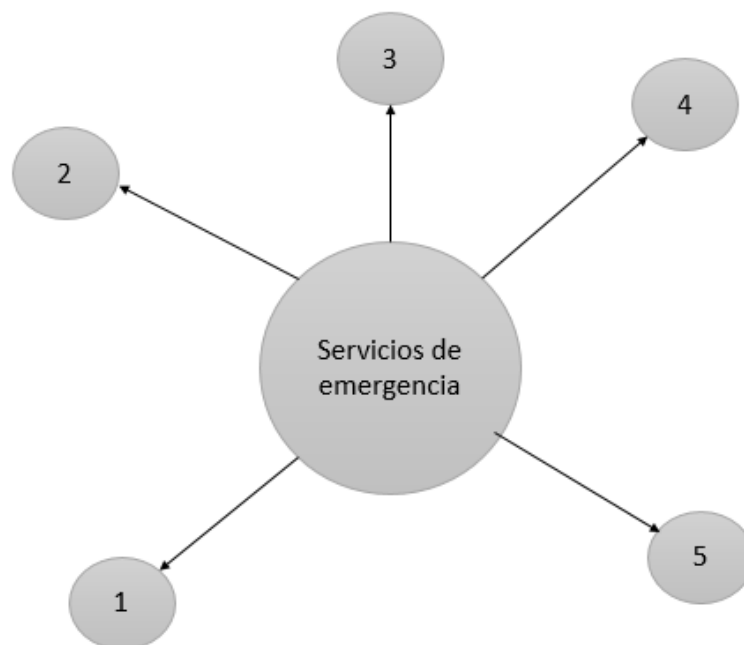


FIGURA 17 SIMPLE PLANT LOCATION PROBLEMA

Problema de localización de planta con capacidad

Funciona de manera parecida al anterior, con la diferencia que los servicios tienen determinada capacidad para cubrir la demanda, una vez que se supera la capacidad de un determinado servicio los demás clientes serían abastecidos por otra instalación cercana.

En este tipo de algoritmo es necesario determinar la capacidad que tendrá la ubicación del servicio, enfocándolo a servicios de emergencia es necesario saber a cuántos pacientes puede atender así como la demanda que tendría el tramo que se quiere estudiar, tiene la ventaja que se puede tener más de una unidad de servicio para modelarla con costos y recorridos.

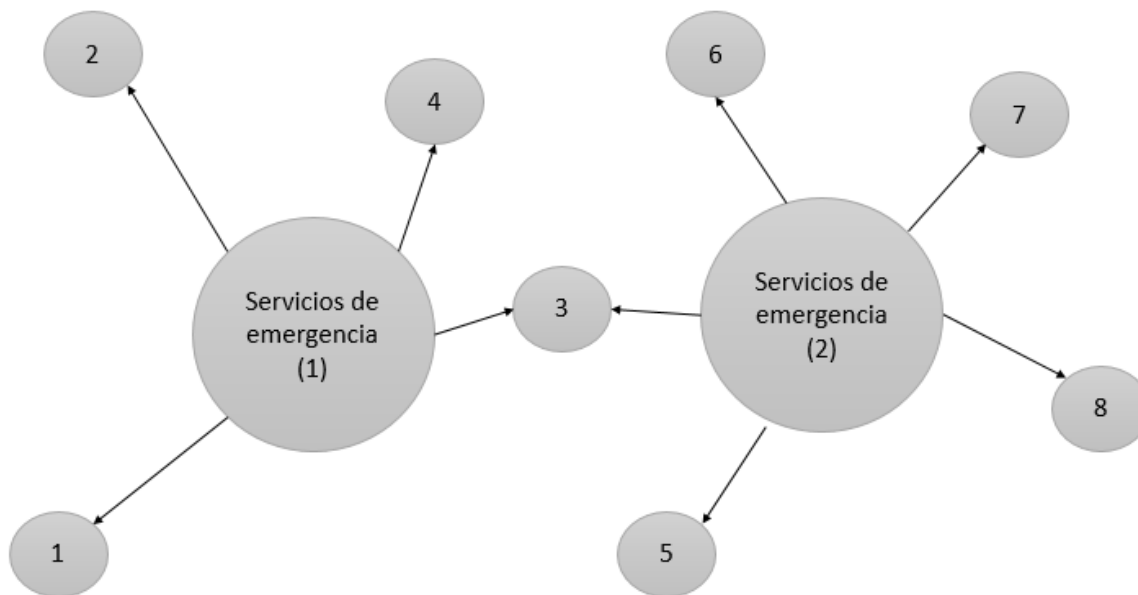


FIGURA 18 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE PLANTA CON CAPACIDAD

Problema de localización de cobertura máxima

Localiza un número de servicios que sean económicamente viables en el que el número de clientes servidos sea máximo. Se considera un determinado número de instalaciones y también la demanda que existirá de las personas que necesiten el servicio, se requiere determinar la cobertura máxima de cada servicio dado un rango de cobertura.

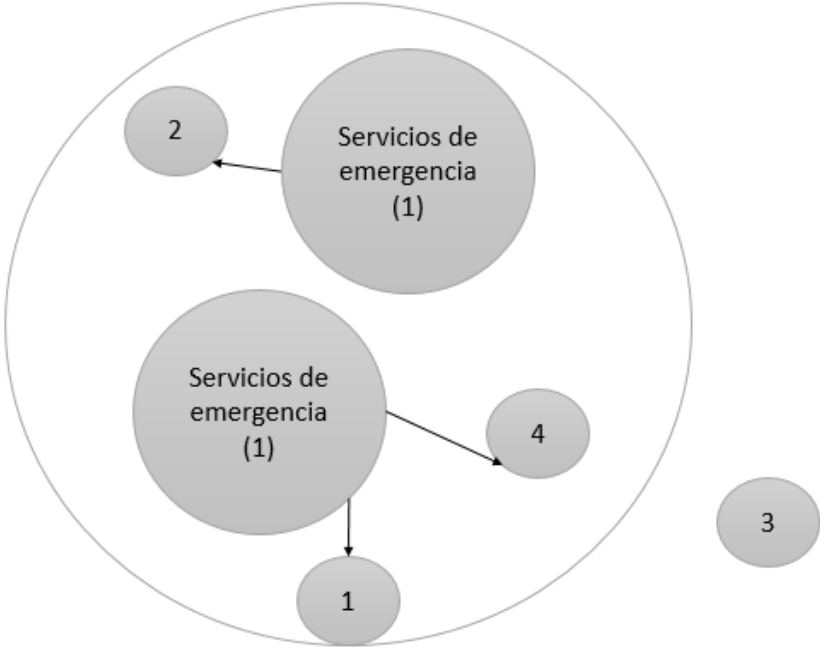


FIGURA 19 PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN DE COBERTURA MÁXIMA

Problema de la P-central

Este modelo se enfoca en minimizar la distancia máxima que separa la demanda de los nodos de los servicios, localizando un número determinado de servicios, los cuales deben cubrir todos los puntos de demanda.

Este algoritmo busca que la distancia para cubrir un determinado punto de demanda tenga el menor costo, pudiendo ser cubierto por el servicio de emergencia más cercano.

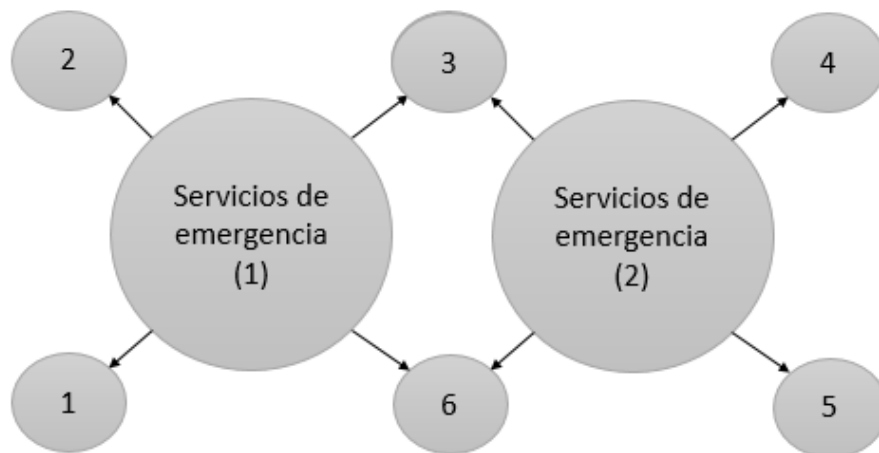


FIGURA 20 PROBLEMA DE LA P-CENTRAL

CASO DE ESTUDIO

GENERALIDADES

El tramo carretero México-Puebla que se estudió de la carretera 150D inicia en el la Ciudad de México, en el kilómetro 17 con dirección a Puebla, y termina en el kilómetro 127.5, estos mismos datos fueron proporcionados en la base de datos obtenida de CAPUFE a través de INFOMEX, los datos utilizados comprenden del año 2000 al año 2007, se tomaron estos datos debido a que los que se obtuvieron de años más recientes no contaban con la dirección del accidente, la cual es necesaria para el análisis. Adicionalmente se obtuvieron datos de accidentes del mismo periodo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los resultados tabulares de la base de datos se presentan en el **anexo 1**, en forma de resumen se observa que:

- Los kilómetros con mayor índice de accidentalidad son el kilómetro 18 y el 120 que se encuentran al inicio y al final del tramo carretero

- Las principales causas que se tienen registradas en la base de datos son:
 - Atropellado
 - Caída de la carga sobre otros vehículos
 - Caída de la carga sobre un vehículo
 - Caída de motocicleta
 - Choque contra un árbol
 - Choque contra la carga de otro vehículo
 - Choque contra una llanta
 - Choque contra el muro central
 - Choque contra otros obstáculos
 - Choque contra piedra
 - Choque contra semoviente
 - Choque contra señalamiento provisional
 - Choque de costado
 - Choque de frente
 - Choque de motocicleta
 - Choque lateral
 - Choque por alcance
 - Choque por alcance múltiple
 - Choque vs material de construcción

- Choque vs obstáculos sobre carpeta
 - Invasión de carril contrario
 - Otro tipo de accidente
 - Remolque desenganchado
 - Salida de camino
 - Salida del camino a rampa de emergencia
 - Salida del camino en puente
 - Salida del camino y desbarrancamiento
 - Volcadura sobre carpeta asfáltica
- Choque por alcance y salida del camino son las principales causas de accidente mientras que salida del camino en puente y choque contra material de construcción son la última
 - Los horarios con mayor frecuencia de accidentes son por la mañana a las 8:00 y en la tarde entre las 18:00 y 19:00 horas; en la madrugada entre las 2:00 y 5:00 es el periodo de tiempo donde menos accidentes ocurren.

La base de datos proporcionada por CAPUFE contenía algunos errores, por lo que se eliminaron y corrigieron algunos datos. Así mismo, se digitalizó el tramo carretero en sus dos sentidos, por medio del software Google Earth respetando los retornos existentes a lo largo de la carreta.

Los retornos se encuentran ubicados de la siguiente manera:

RETORNO	KILÓMETRO	DISTANCIA ENTRE RETORNOS
1	27	0
2	33	6
3	48	15
4	57	9
5	63	6
6	68	5
7	78	10
8	91.5	13.5
9	101	9.5
10	103	2
11	104	1
12	108	4

TABLA 22 RETORNOS FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los servicios de emergencia se georeferenciaron de acuerdo los datos proporcionados por CAPUFE, son cuatro a lo largo de la carretera y se ubican en:

Servicio Médico	Km
1	32
2	47
3	91
4	127.5

TABLA 23 SERVICIOS MÉDICOS DE EMERGENCIA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CON DATOS DE CAPUFE

UBICACIÓN DE ZONAS CON MAYOR ACCIDENTALIDAD

Como se mencionó en el capítulo uno, el entorno es un factor de riesgo en la ocurrencia de accidentes de tránsito, por lo anterior se muestran los accidentes ocurridos separados por los dos distintos sentidos de circulación.

La variable de peso que se utilizó en el cálculo por medio de ArcGis fue el número de accidentes ocurridos por kilómetro, esto debido a que el objetivo de esta investigación es hacer una propuesta para la ubicación de los servicios de emergencia, por lo cual se considera que deberán acudir a todos los accidentes ocurridos, sin clasificarse por gravedad, costo, número de lesionados o decesos.

En la figura 21 se observan los accidentes en dirección a Puebla, existe una mayor concentración de accidentes en los límites del estado de México y Puebla, así como al inicio y terminación de la carretera, sobre el resto de la carretera los accidentes tienen una distribución geográfica que no varía mucho, salvo en un punto cerca de San Martín Texmelucan.

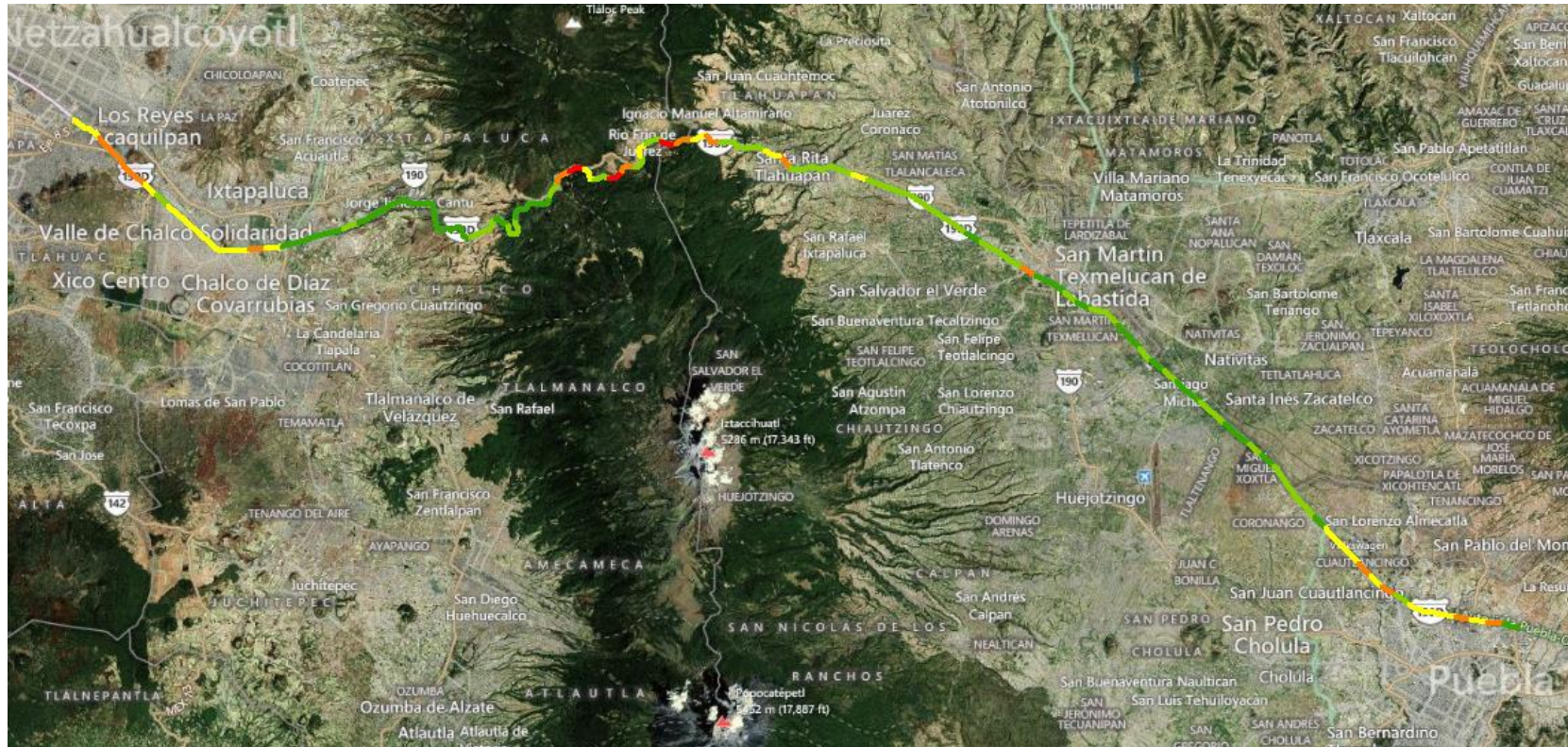
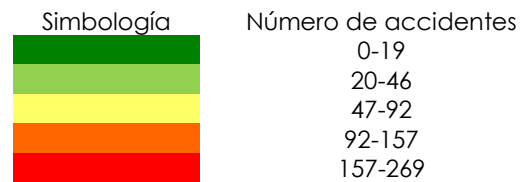


FIGURA 21 ACCIDENTES OCURRIDOS CON DIRECCIÓN MÉXICO-PUEBLA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA REALIZADA CON ARCMAP



Como en el caso de la misma carretera, pero en la dirección a México (Figura 22) se observa un punto peligroso en el kilómetro 51, el análisis también muestra una mayor incidencia de los accidentes en el estado de México y los límites con el Distrito Federal, así como cerca de la ciudad de Puebla, de forma similar a la figura 21 se observa que los accidentes en el resto de la carretera no se concentran en sitios específicos.

Los cuatro servicios de emergencia se ubican en zonas cercanas a los extremos de la carretera, encontrándose algunos de ellos a una distancia de hasta más de 35 kilómetros de separación como se muestra en la figura 23.

Se ubican tres casetas en la carretera México-Puebla (CAPUFE, 2012) dos en el estado de México y una en el estado de Puebla, mostradas en la figura 24.

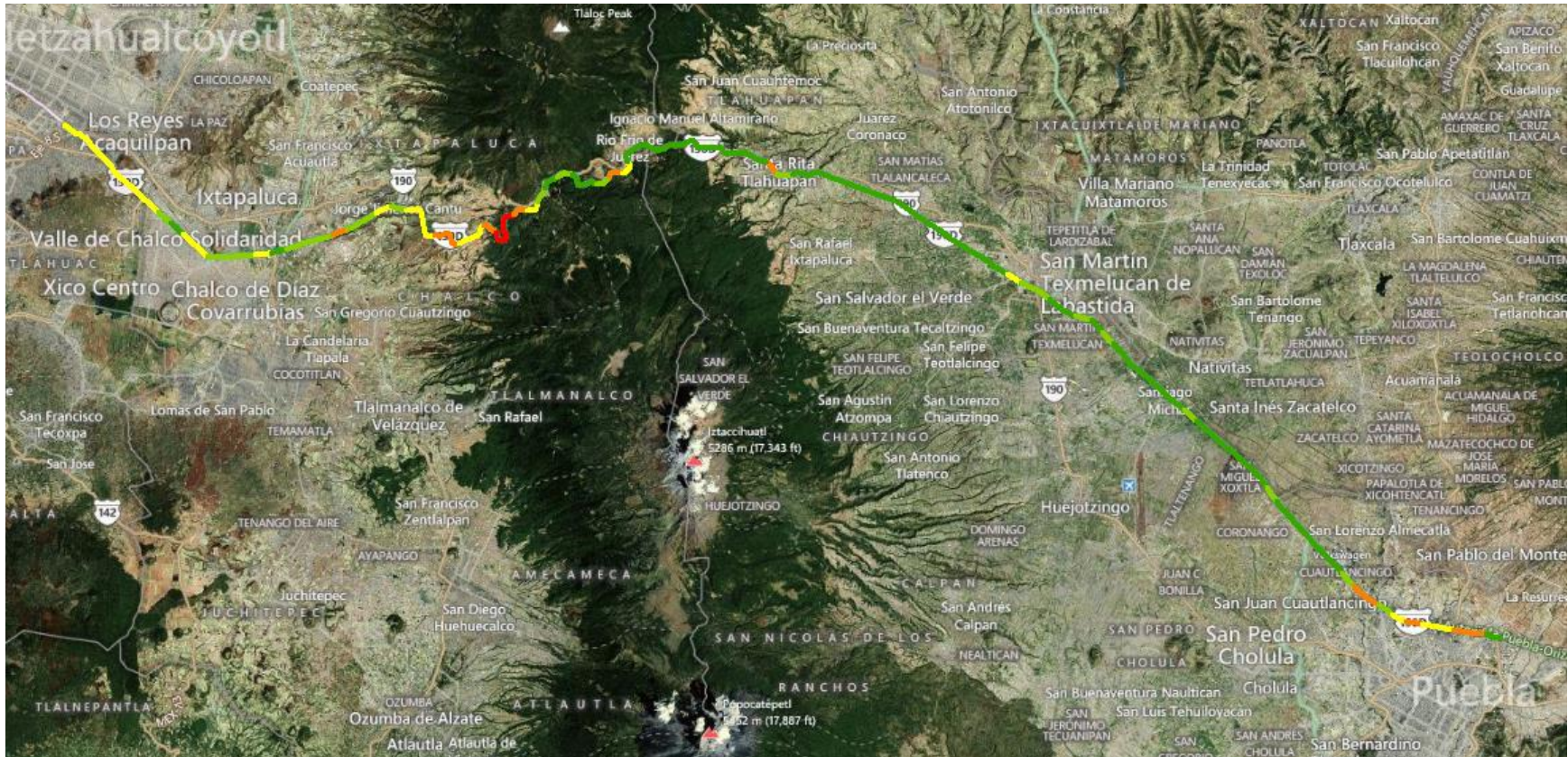
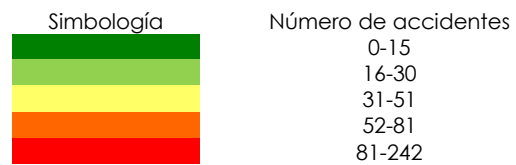


FIGURA 22 ACCIDENTES OCURRIDOS CON DIRECCIÓN PUEBLA-MÉXICO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA REALIZADA CON ARCMAP



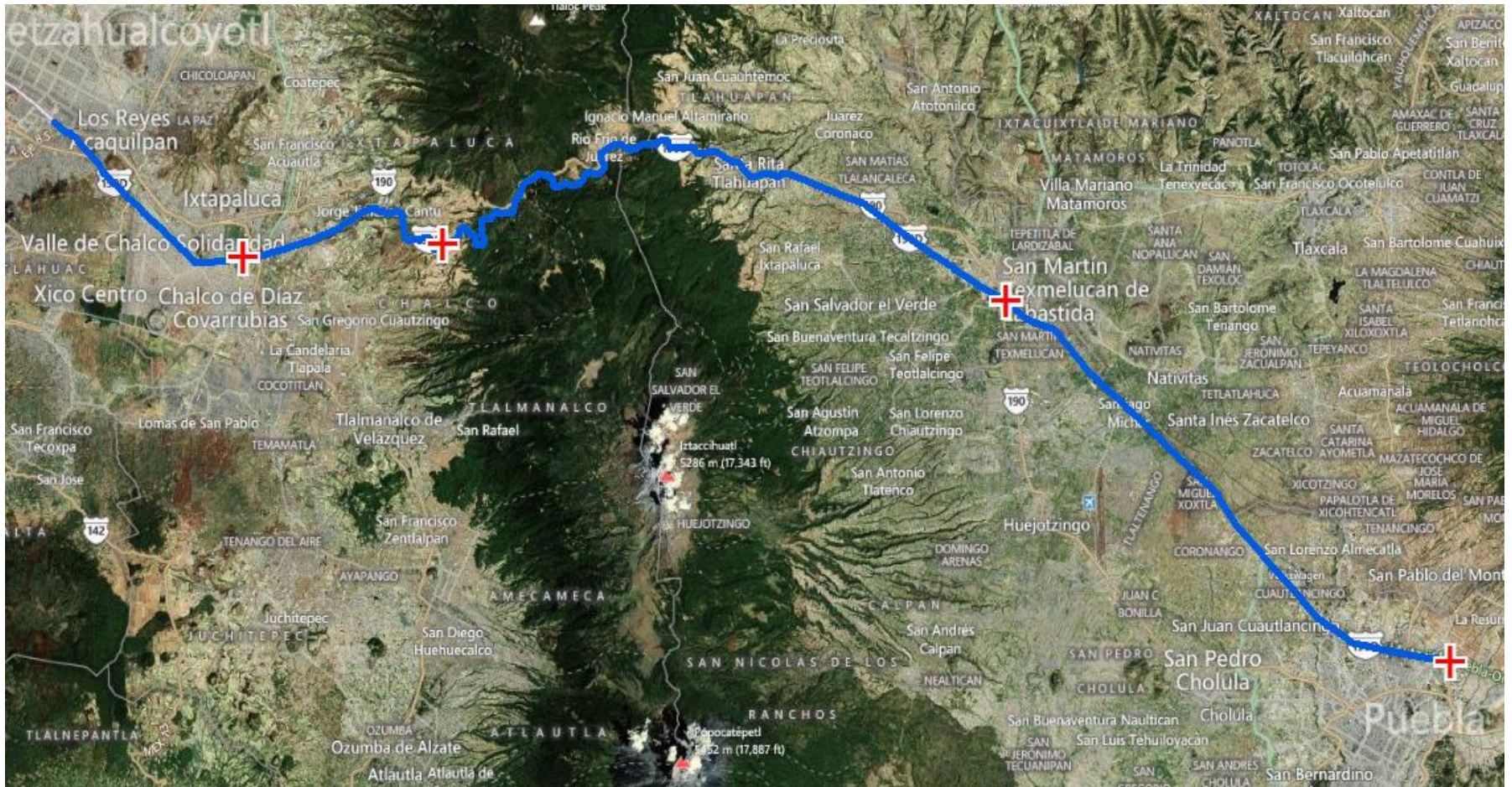


FIGURA 23 UBICACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA REALIZADA CON ARCMAP

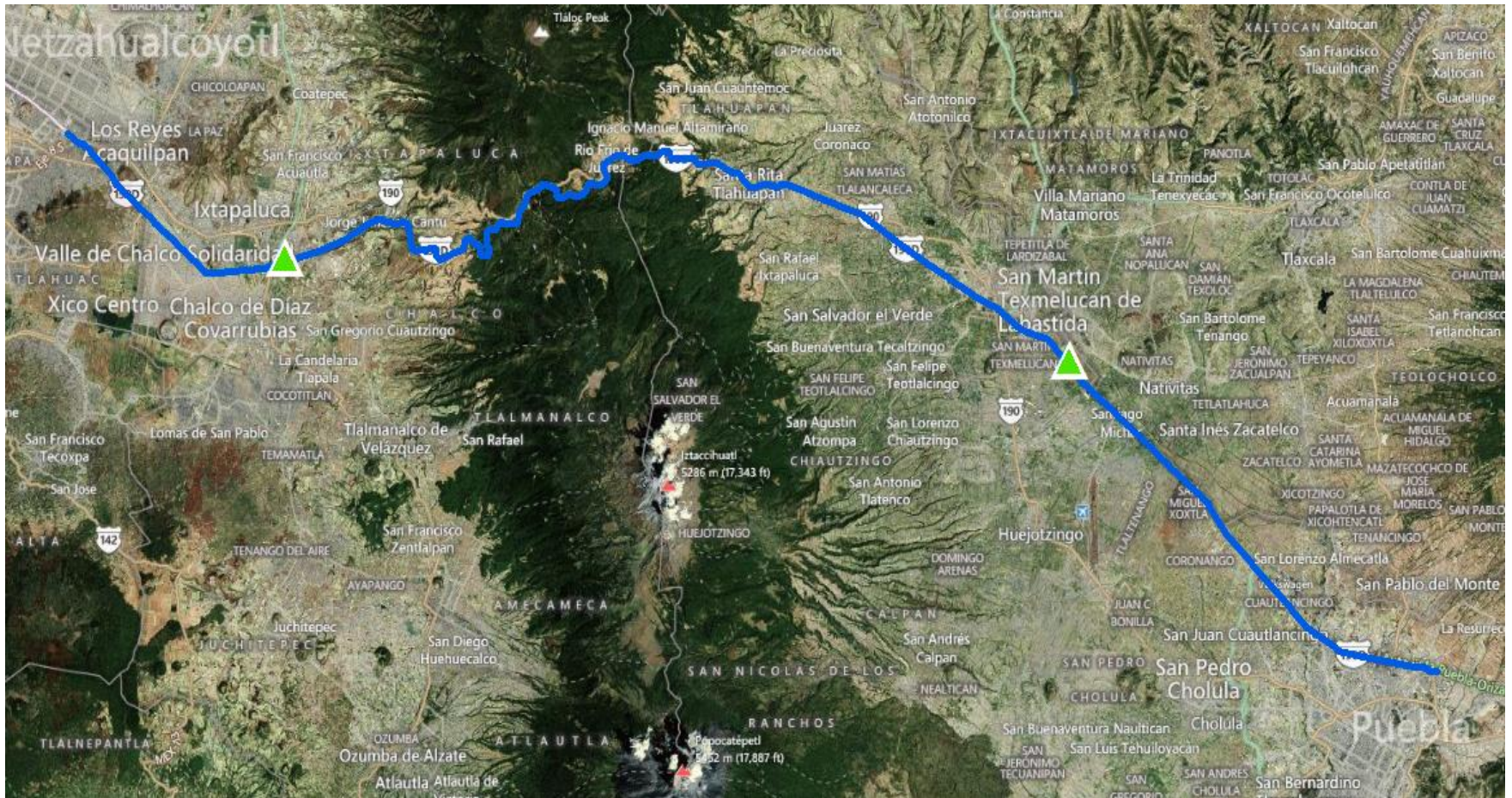


FIGURA 24 UBICACIÓN DE CASETAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA REALIZADA CON ARCMAP

Después de ubicar los servicios de emergencia se utilizó el modulo Network Analyst para identificar el área de influencia que cada una tiene, la base de este análisis es de un recorrido de 20 kilómetros, para tomar esta conclusión se parte del supuesto que la ambulancia recorra la vía a una velocidad de 80 km/hr, sin tomar en cuenta cuando disminuye la velocidad debido a las curvas o cuando puede aumentarla en segmentos rectos.

Para el tiempo ideal de recorrido se tomó en base a los estándares según el Departamento de Transporte y la Administración Nacional de la Seguridad de Tráfico y Carreteras de Estados Unidos de Norte América (Villavicencio, 2008) la cual es de 15 minutos máximo, para el arribo de los servicios de emergencia y posterior tratamiento en el sitio de las personas accidentadas.

$$d = v * t = \left(\frac{80Km}{hr}\right) (0.25hr) = 20Km$$

Donde:

d= distancia

v=velocidad

t=tiempo

Se compararon las capas de información de accidentes y la zona de influencia que tienen los servicios médicos de emergencia a lo largo de la carretera (figura 25), como resultado se observa que en un recorrido de 20km se cubren los extremos de la carretera, sin embargo, a partir del kilómetro 54 y hasta el 87 los servicios de emergencia no logran llegar en un tiempo de 15 minutos.

Realizando un cambio en los parámetros de influencia se observó que en algunos segmentos se necesitan más del doble de tiempo para ser cubiertos, con tiempos que llegan hasta más de los 40 minutos de acuerdo al análisis generado por ArcGis.

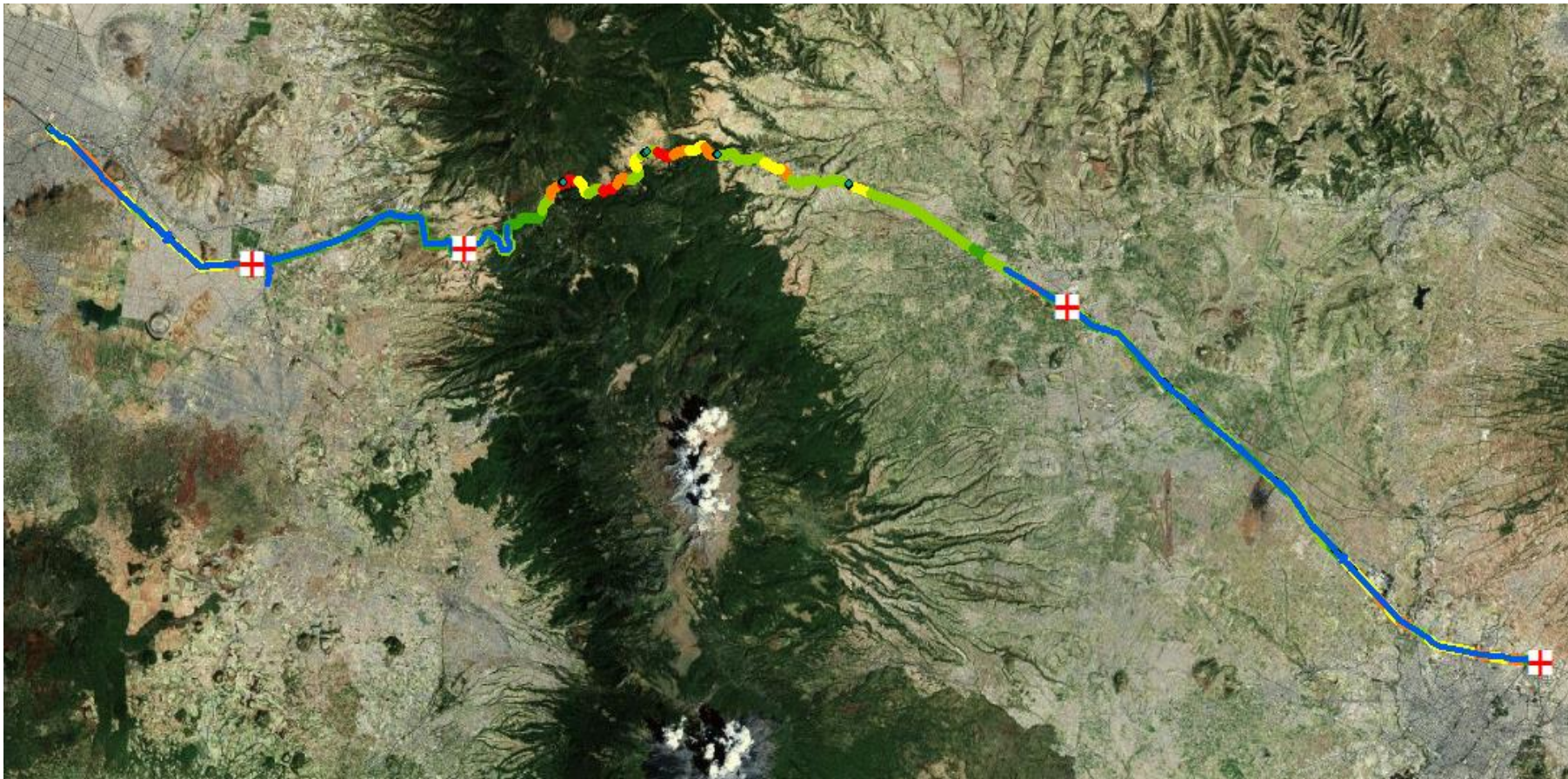


FIGURA 25 ÁREA DE INFLUENCIA DE LOS SERVICIOS MÉDICOS DE EMERGENCIA A 20KM.FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA REALIZADA CON ARCMAP

 Zona de influencia de los SME

Como se observa en la figura 26, existe un segmento de la carretera en el cual los servicios de emergencia tardan en llegar más del tiempo recomendado, este segmento empieza aproximadamente a partir del kilómetro 48, hasta el kilómetro 91. El análisis también mostró algunos puntos donde no se cubría en el tiempo de quince minutos, no obstante, el tiempo de arribo no difería tanto como en el segmento antes mencionado.

PROPUESTA PARA REDUCIR EL TIEMPO QUE TARDAN EN LLEGAR LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA

La propuesta de esta investigación no busca cambiar de lugar las ubicaciones actuales de los servicios médicos de emergencia, sino, ser complementaria para atender los puntos que no son cubiertos conforme al tiempo de respuesta en estándares internacionales, por esta razón se propusieron algunos sitios que estuvieran dentro de los segmentos no atendidos, dichos sitios se seleccionaron teniendo en cuenta que se encontraran cerca de los retornos en la carretera y que los lugares tuvieran un espacio físico adecuado para colocarse. Fueron seleccionados ocho puntos, a continuación se detallan en la tabla 24 y se observan en la figura 27.

Instalación	KM	Dirección
1	58	México-Puebla
2	63	Puebla-México
3	66	Puebla-México
4	70	México-Puebla
5	75	México-Puebla
6	80	México-Puebla
7	83	Puebla-México
8	87	México-Puebla
9	88	Puebla-México

TABLA 24 UBICACIONES PROPUESTAS



FIGURA 27 MODELO DE UBICACIÓN ASIGNACIÓN

A través de la herramienta de Ubicación-Asignación descrita en el capítulo anterior se realizó el análisis, dando como resultado que si se tienen que escoger una ubicación para instalar algún servicio de emergencia o ambulancia sería ideal sobre el kilómetro 66 con dirección Puebla-México en Rio Frio de Juárez. A continuación y a manera de ejemplo, se detallan en la tabla 25 las ubicaciones que serían ideales cuando se puedan instalar en más de una ubicación:

Número de servicios de emergencia a ubicar	Instalaciones
1	3
2	3,5
3	3,5,9
4	2,3,5,9
5	2,3,4,5,9

TABLA 25 UBICACIONES IDEALES DE LOS SERVICIOS PROPUESTOS

Aunque un mayor número de servicios de emergencia lograría una mayor cobertura, cabe destacar que en este análisis no se toma en cuenta el costo económico que representaría ubicar estos servicios de emergencia, ni tampoco su mantenimiento.

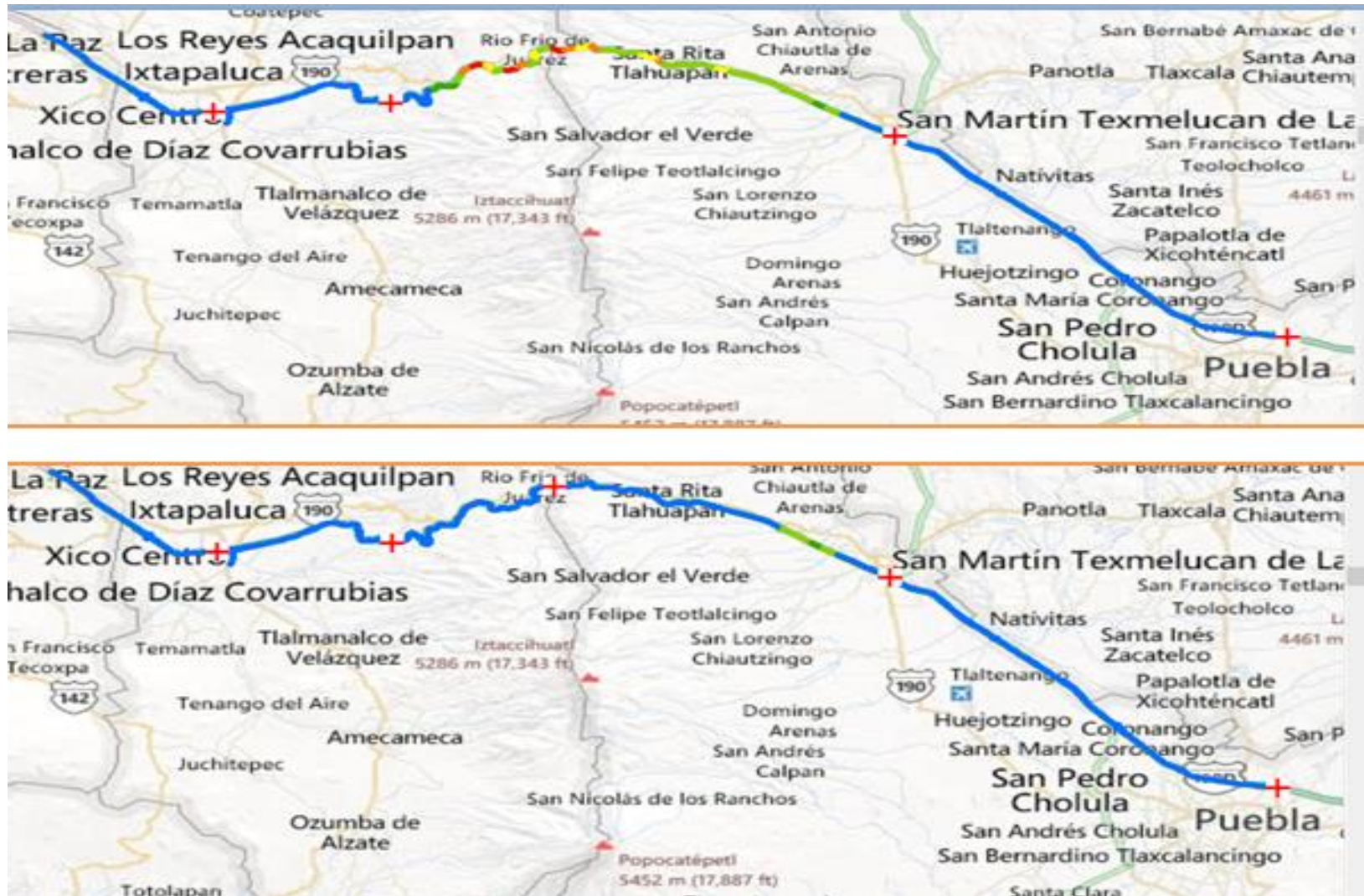


FIGURA 28 COMPARATIVA DE ÁREA DE INFLUENCIA CON UN NUEVO SME

En la figura 28 se muestra una comparativa de la cobertura de los servicios médicos de emergencia actuales en la cual se observa que añadiendo un servicio médico de emergencia en ese sitio, o teniendo una ambulancia que pueda llegar al lugar del accidente, la cobertura de la red para llegar en quince minutos se cubre casi por completo después de haber añadido la instalación número 3. En el segmento comprendido desde el kilómetro 48 al 91 en el cual anteriormente se tenían problemas de cobertura y tardaban más de 40 minutos se observó que el tiempo para cubrir en su totalidad este segmento disminuyó a 20 minutos.

De igual manera se analizó el mismo segmento, para dos instalaciones extra a las cuatro existentes, el resultado que se muestra en la figura 29 indica que es posible recorrer la red en 15 minutos si se agregan las instalaciones tres y cinco.



FIGURA 29 ÁREA DE INFLUENCIA CON DOS NUEVAS INSTALACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas de información geográfica sirven como herramientas de análisis para tomar decisiones complejas como la ubicación de servicios de emergencia, a través de este trabajo de investigación se observa que en un accidente intervienen múltiples factores en el momento de buscar un punto geográfico adecuado para instalar nuevos servicios de emergencia.

Se logró ubicar los puntos recomendables de los servicios de emergencia en el tramo carretero México-Puebla usando los sistemas de información geográficos con la finalidad de reducir el tiempo que tardan en llegar los servicios de emergencia al lugar del siniestro. Se brindan varias opciones viables que se pueden llegar a implementar.

Para lograr el objetivo principal se determinó la importancia del tramo carretero México-Puebla como uno de los tramos carreteros de la República Mexicana con mayor aforo vehicular. Se generó un comparativo de dicho tramo con otros de la República Mexicana y otros a nivel mundial con mayor aforo vehicular, con lo cual se demostró la relevancia del tramo México-Puebla.

Después del análisis de la información y el desarrollo del planteamiento mediante los sistemas de información geográfica se hizo un comparativo de los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia actuales contra los propuestos para corroborar la disminución del tiempo de respuesta al implementar los nuevos puntos de servicio.

Es necesario que intervengan distintos campos de conocimiento en la búsqueda de un lugar apropiado para la instalación de servicios de emergencia, los análisis desarrollados con los sistemas de información geográfica deben ser complementados con otros campos del conocimiento y con el desarrollo de otro tipo de estudios, por ejemplo: de factibilidad económica, técnica, ambiental y social.

Los sistemas de información geográfica son útiles en este tipo de tareas, sin embargo, no se puede tomar una decisión basados únicamente en los datos que se ingresen, una parte importante son las metodologías de análisis que se usen, y la interpretación que se dé a los resultados.

ANEXOS.

Reportes tabulares de la base de datos

KM	ACCIDENTES
18	452
120	450
47	442
59	432
52	416
20	386
53	365
22	360
127	347
123	346
19	335
62	332
32	330
24	317
23	287
21	270
30	270
126	259
48	248
91	248

Kilómetros más peligrosos por número de accidentes

CAUSA	
Atropellado	417
Caída de carga sobre otros vehículos	12
Caída de carga sobre vehículo	12
Caída de motocicleta	79
Choque contra árbol	6
Choque contra carga de otro vehículo	13
Choque contra llanta	329
Choque contra muro central	1619
Choque contra otros	673
Choque contra piedra	451
Choque contra semoviente	74
Choque contra señalamiento provisional	86
Choque de costado	1416
Choque de frente	18
Choque de motocicleta	17
Choque lateral	149
Choque por alcance	4631
Choque por alcance múltiple	1963
Choque vs material de construcción	3
Choque vs objeto sobre carpeta	414
Invasión de carril contrario	7
Otro tipo de accidente	2
Remolque desenganchado	27
Salida de camino	2864
Salida del camino a rampa de emergencia	446
Salida del camino en puente	4
Salida del camino y desbarrancamiento	234
Volcadura sobre carpeta asfáltica	363

Número de accidentes por tipo de causa

KM	DECESOS	LESIONADOS
120	26	190
20	17	263
24	17	253
46	17	81
22	15	333
23	14	272
127	13	126
28	12	247
112	12	60
18	11	348
25	11	124
62	11	174
91	11	66
21	9	233
26	9	142
30	9	256
29	8	132
47	8	222
53	8	192
59	8	292

Kilómetros más peligrosos por número de decesos

Hora	Accidentes
0	220
1	151
2	127
3	105
4	101
5	127
6	217
7	303
8	605
9	375
10	323
11	287
12	230
13	348
14	423
15	471
16	559
17	588
18	647
19	604
20	375
21	303
22	282
23	241

Hora de de accidente por número de accidentes

Decesos	Accidentes
0	15896
1	386
2	28
3	13
4	3
5	2
6	1

Número de accidentes en los que ocurrieron decesos

BIBLIOGRAFÍA

- Amago, F. S., & Martínez, F. S. A. (2009). *Logística y marketing geográfico*. MARGE BOOKS.
- Anderson, T. (2007). Comparison of spatial methods for measuring road accident “hotspots”: a case study of London. *Journal of Maps*, 3(1), 55–63. doi:10.1080/jom.2007.9710827
- Atlas de la red carretera de México*. (2011). SCT.
- Blackwell, T. H., & Kaufman, J. S. (2002). Response Time Effectiveness: Comparison of Response Time and Survival in an Urban Emergency Medical Services System. *Academic Emergency Medicine*, 9(4), 288–295. doi:10.1197/aemj.9.4.288
- CAPUFE. (2012). Principales tramos carreteros. Retrieved January 15, 2013, from <http://www.capufe.gob.mx/portal/site/wwwCapufe/menuitem.237aa87079d0c8659161ee10805f8a0c/>
- Cenapra. (2012). Segundo informe sobre la situación de la seguridad vial.
- Clavé, S. A., & Reverté, F. G. (2005). *Planificación territorial del turismo*. Editorial UOC.
- Dirección General de Tráfico, España. (2011). *Comportamiento y primeros auxilios en caso de accidente de tráfico*. España.
- ESRI. (2012). Desktop Help 10.0 - Three fundamental representations of geographic information layers. Retrieved January 10, 2013, from http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/#/Three_fundamental_representations_of_geographic_information_layers/00v200000010000000/
- Gabriel Rodríguez Jaque, D. C. B. (2008). *MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN TÚNELES CARRETEROS*. SANTIAGO DE CHILE.
- Llopis, J. P. (2008). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio (3a edición)*. Editorial Club Universitario.
- Luis Chias Becerril, L. L. G. (1999). El uso de SIG en el análisis de la distribución de accidentes en carreteras: el caso de Tamaulipas, México, 40.

- M.Liliana ramirez. (2001). Metodología básica para la localización de hospitales mediante sistemas de información geográfica raster y vectorial. Geonatura.
- MAHMUD, A. R., & INDRIASARI, V. (2009). Facility Location Models Development To Maximize Total Service Area. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 4(1S), 87–100.
- Medicamentos y alcohol [Pag. 1 de 3] | EROSKI CONSUMER. (n.d.). *EROSKI CONSUMER*. Retrieved September 25, 2012, from <http://www.consumer.es/web/es/salud/prevencion/2005/06/21/143088.php>
- Organización Mundial de la salud. (2008). *World health statistics 2008*. Geneva: World Health Organization. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=232995>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Global status report on road safety : time for action*. Geneve: World Health Organization ;
- Peden, M. M. (2004). *World report on road traffic injury prevention*. Geneva: World Health Organization.
- Programa Nacional de Salud 2007-2012*. (2007). México: Secretaria de Salud.
- ReVelle, C. S., & Eiselt, H. A. (2005). Location analysis: A synthesis and survey. *European Journal of Operational Research*, 165(1), 1–19. doi:10.1016/j.ejor.2003.11.032
- Rodríguez, P. L., & Mántaras, D. Á. (2003). *Investigación de accidentes de tráfico*. Universidad de Oviedo.
- Rodríguez Suárez, G., Misa Menéndez, M., Ponz Moscoso, F., Valdivia Puerta, A., & Mur Villar, N. (2002). Valoración de la atención de urgencias al paciente con trauma grave. *Revista Cubana de Cirugía*, 41(3), 185–193.
- Salas, A. (2008). Acerca del Algoritmo de Dijkstra. *arXiv:0810.0075*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/0810.0075>

- SCT. (2006). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE ACCIDENTES EN CARRETERAS FEDERALES*.
- Secretariado Técnico Consejo Nacional Prevención Accidentes. (2012). Retrieved September 5, 2012, from <http://www.cenapra.salud.gob.mx/interior/mision.html>
- Toran Pour, A., & Yue, W. L. (2012). The role of geographic information systems (GIS) in road emergency services location and black spot studies. Presented at the Australasian Transport Research Forum (ATRF), 35th, 2012, Perth, Western Australia, Australia. Retrieved from <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1224146>
- Trunkey, D. (1991). Initial Treatment of Patients with Extensive Trauma. *The New England Journal of Medicine*, 324(18), 1259–63.
- Villavicencio, M. L. (2008). Tiempo de respuesta en el transporte primario de prioridades I y II en el servicio de sistema de transporte asistido de emergencia STAE-ESSALUD. *Emergencias: Revista de la Sociedad Española de Medicina de Urgencias y Emergencias*, 20(5), 316–321.